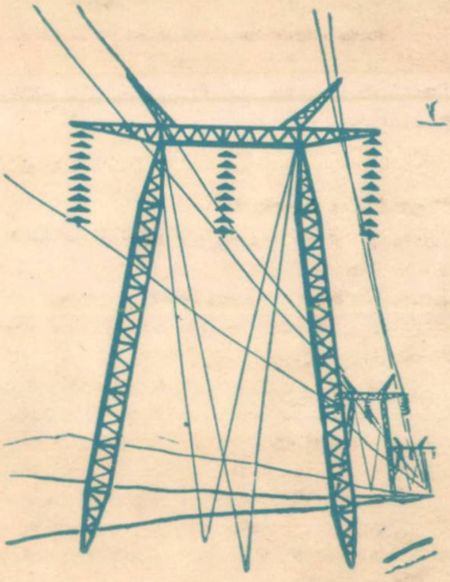
E 2039

R

REFERALVA

ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMARUL 1 ★ ENERGETICA



1

BUCUREȘTI ★ IANUARIE ★ 1963

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanţă generală* (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale*, avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *tehnice obişnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. Organizarea lucrării

2.1.1. *Titlul* va reprezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărţirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se va face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. Prezentarea lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepţia celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta a III-a)

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 1 IANUARIE 1963

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

CUPRINS

CZ 620.9 : 620.311.1(498)

Stăncescu, I. D. : **Realizări şi tendinţe noi în domeniul energeticii**

Energetica *11* (1963) nr. 1, p. 1–6

CZ 621.181.004.6

Iftimie, P. : **Aspectele fenomenului de fluaj în centralele termoelectrice cu parametri înalţi**

După o scurtă prezentare a fenomenului şi a celor mai noi teorii, se dau formule de calcul, se analizează avaria de la C.T.E. Grozăveşti şi se face o aplicaţie numerică la calculul relaxării buloanelor.

Energetica *11* (1963) nr. 1, p. 7–19

CZ 621.316.925 : 621.316.1

Moraite, G. : **Măsuri de îmbunătăţire a protecţiei prin relee rezultate din analiza regimurilor dinamice provocate de avarii caracteristice**

Pornindu-se de la analiza fenomenelor ce se produc în timpul unor avarii de sistem sau locale se stabilesc o serie de principii de care trebuie să se ţină seama în alegerea soluţiilor privind protecţia prin relee.

Energetica *11* (1963) nr. 1, p. 20–30

CZ 621.316.1.064

Pomîrleanu, J. şi *Cigusievici, M.* : **Probe de scurtcircuit în reţeaua de înaltă tensiune**

Se descriu probe de scurtcircuit efectuate în sistemul energetic pentru verificarea bobinelor de blocaj şi a unui întrerupitor de 10 kV.

Energetica *11* (1963) nr. 1, p. 30–37

IN AJUTORUL EXPLOATĂRII, 38–49
RECENZII, 50–52
DOCUMENTARE, 52–55

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția: București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația: „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN"—Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B.I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2 București. Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962.

ENERGETICA

ANUL 11
1963
Nr. 1
IANUARIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

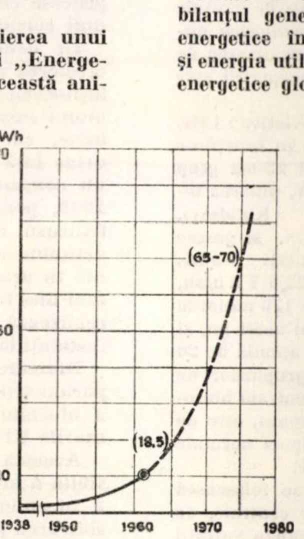
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Realizări şi tendinţe noi în domeniul energeticii

Prof. ing. *IOAN D. STĂNCESCU*

Dezvoltarea tehnicii este atît de impetuoasă în zilele noastre, şi energetica ca element de bază îi urmează atît de fidel, încît, obişnuiţi cu un ritm de progres care se accentuează continuu, am ajuns să nu mai sesizăm curent efectul acestei dezvoltări. Nu ne mai dăm seama de ea decît oprindu-ne din cînd în cînd şi uitîndu-ne în jur, aidoma unui drumeţ care, urcînd pieptiş o potecă de munte, se opreşte cîteodată, mai puţin ca să-şi reia suflul, cît mai ales pentru a arunca o privire încîntată asupra unui peisaj care se lărgeşte mereu.

Un astfel de scurt popas ni-l prilejuieşte încheierea unui deceniu de la apariţia primului număr al revistei ,,Energetica'' şi trecerea ei în al 11-lea an de apariţie. Această aniversare nu coincide cu nici unul din intervalele marcante ale dezvoltării energeticii noastre, ci se situează între împlinirea cu succes a planului de electrificare pe perioada 1951–1960 şi măreţele obiective energetice prevăzute în planul de dezvoltare a economiei naţionale pe anii 1960–1965. Există totuşi o coincidenţă întîmplătoare : al 10-lea an de apariţie a ,,Energeticii'' coincide cifric cu cele, rotund, 10 TWh cît a fost producţia de energie electrică în 1962. Ne oprim deci un moment, în plin efort al şesenalului, la cota 10 TWh, în raport cu cota 2,1 TWh în 1950, respectiv cu cea de 18,5 TWh în 1965. Aceasta din urmă este şi ea numai o cotă intermediară pe panta mereu crescîndă a producţiei noastre de energie electrică, al cărei obiectiv imediat următor, fixat de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. la 65–70 TWh în 1975, este urmat el însuşi de perspective şi mai mari.



De aceea, în rîndurile de faţă nu se prezintă o analiză a unui interval energetic caracteristic, ci, profitînd de acest popas, se va încerca să se prezinte o scurtă privire de ansamblu asupra principalelor preocupări energetice actuale, urmînd ca, în comparaţie cu nivelul tehnicii energetice celei mai avansate, să ne bucurăm de realizările valoroase de la noi şi să ne avîntăm apoi, reverificaţi ca orientare, cu nou entuziasm pe panta rapid crescîndă a dezvoltării energeticii noastre.

Scurta oprire de la cota 10 TWh nu permite prin însuşi caracterul ei decît un tur de orizont rapid, suficient unei reorientări, însă mult prea fugar pentru a constitui o dare de seamă detaliată a preocupărilor complexe energetice actuale. Cititorii sînt de aceea rugaţi a accepta consideraţiile de faţă în forma limitată, actualmente posibilă, şi tratînd îndeosebi aspecte legate de energia electrică, şi să aprecieze mai ales prilejul cu care acestea sînt prezentate.

1. BALANŢE ENERGETICE GLOBALE

Preocuparea punerii la punct a unei metodologii adecvate pentru întocmirea sistematică a balanţei energetice globale capătă, pe lîngă interesul statistic şi de analiză specific urmăririi acesteia pe intervale anuale expirate, o importanţă din ce în ce mai mare, datorită necesităţii acestor balanţe pentru planificarea curentă şi de perspectivă.

Începută sub forma simplă a balanţelor de energie primară, la care s-au adăugat treptat balanţele formelor intermediare de energie, balanţa energetică globală tinde să includă şi ultimele trepte de transformare în energie utilă.

Această tendinţă de a urmări şi fazele finale de transformare în energie utilă, cît şi preocuparea de a optimiza bilanţul general prin alegerea celor mai eficiente lanţuri energetice între resursele de energie primară disponibile şi energia utilă cerută fac actualmente, din problema balanţei energetice globale, una dintre cele mai complexe probleme ale cercetării tehnico-ştiinţifice contemporane.

Şi la noi în ţară există susţinute preocupări metodologice în legătură cu întocmirea balanţei energetice globale, inclusiv metode de calcul de optimizare cu ajutorul programării liniare. În acelaşi timp se cercetează, în forme mai simple, variante concrete de perspectivă apropiată sau mai îndepărtată. În ceea ce priveşte volumul şi structura rezervelor de energie primară, inventarierea potenţialului hidroenergetic al ţării a fost recent încheiată într-o primă fază, 70,2 TWh/an potenţial teoretic şi 36,4 TWh/an potenţial tehnic amenajabil; un prim volum al atlasului resurselor termoenergetice ale R.P.R. este în curs de editare, iar în conformitate cu Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. se desfăşoară o susţinută activitate pentru creşterea rezervelor de ţiţei, gaze naturale şi cărbuni.

O atenţie deosebită se acordă în cadrul CAER coordonării planurilor de dezvoltare a bazei energetice a ţărilor socialiste pe perioada perspectivei generale pînă în 1980, ca un principal mijloc de dezvoltare şi adîncire a diviziunii internaţionale socialiste a muncii. Ca primă mare realizare practică în acest domeniu este de relevat aportul substanţial de ţiţei, livrat din U.R.S.S., în balanţa energetică globală a Cehoslovaciei şi Ungariei, prin darea în exploatare a porţiunii conductei de ţiţei ,,Prietenia'' pe teritoriile ţărilor respective. Această conductă uriaşă, totalizînd 4 500 km şi avînd un diametru de aproape un metru, va alimenta cu ţiţei din regiunea petroliferă Ural-Volga regiunile de vest ale U.R.S.S. şi, pe lîngă cele două ţări menţionate, şi R. P. Polonă şi R. D. Germană. La 1500 km de la punctul de plecare, conducta se bifurcă, ramura de sud (1730 km) îndreptîndu-se spre R. S. Cehoslovacă, la Bratislava, cu o derivaţie pînă la Szony, R. P. Ungară, iar ramura de nord (1240 km), trecînd prin R.P. Polonă, ajunge în R. D. Germană în regiunea Mării Baltice. În acest fel, ţările respective, lipsite de resurse proprii însemnate de combustibil lichid, vor dispune de cantităţi importante de ţiţei, care va fi transformat în instalaţiile proprii în toate subprodusele necesare.

Cu mare semn de întrebare, în special în cazul lucrărilor de mai lungă perspectivă, se pune problema ponderii energiei nucleare în balanța energetică globală. Ritmul acestei intervenții este încă departe de a putea fi general fixat, el depinzînd încă esențial atît de progresul tehnic, cît mai ales de evoluția economicității folosirii energiei nucleare. De aceea, în țările care dispun încă de suficiente resurse energetice clasice predomină în această privință o atitudine de așteptare, în timp ce în celelalte țări, în funcție de încordarea balanței energetice globale și de influența altor factori locali specifici, se iau în considerare diferite variante de programe nucleare, cu maximum de grijă însă pentru posibilități de adaptări elastice pe parcurs.

Cu privire la formele intermediare de energie, este de remarcat, pe de o parte, efortul țărilor care nu dispun de combustibili gazoși naturali de a-și asigura, la scara consumului industrial obligat și a unui consum casnic confortabil, acoperirea acestor cereri cu gaze artificiale, iar pe de altă parte ponderea mereu crescîndă a energiei electrice în cadrul balanței energetice globale. Consumul de energie electrică anunțat în perspectivă în U.R.S.S. — 2700 la 3000 TWh în 1980 — ilustrează și cifric în această privință rolul determinant, atît de des accentuat, al electrificării în construcția societății comuniste.

2. ENERGIA HIDRAULICĂ

Dezvoltarea centralelor hidroelectrice este caracterizată, pe de o parte, de tendința folosirii marilor fluvii pentru realizarea, în general în scheme de folosințe complexe, de centrale de bază foarte puternice, pe de altă parte de preocuparea utilizării oricăror posibilități de acumulare pentru realizarea de centrale hidroelectrice specializate, destinate acoperirii sarcinii de vîrf a sistemelor electroenergetice.

Cele mai mari CHE în exploatare sînt cele sovietice : CHE „Congresul al XXII-lea al P.C.U.S.", cu o putere în funcțiune de 2415 MW, la care, prin adăugarea unui al 22-lea grup de 115 MW și a trei grupuri auxiliare de 11 MW, puterea totală va atinge 2563 MW, și CHE „V. I. Lenin" (Kuibîșev), cu o putere instalată de 2300 MW. Tot în U.R.S.S. se găsesc cele mai mari centrale în curs de execuție : CHE Bratsk, de 4500 MW, cu o producție medie anuală de 22,6 TWh/an, avînd cel mai mare lac de acumulare din lume, de 179 miliarde m^3, care va intra în funcțiune cu plină putere în acest an, și CHE Krasnoiarsk, de 5000 MW, cu o producție anuală de 20 TWh/an, remarcabilă prin puterea unitară a grupurilor de 500 MW. Față de acești giganți, cea mai mare centrală hidroelectrică din S.U.A. în curs de execuție, pe Niagara, este de numai 2190 MW, din care 1950 MW în 13 grupuri normale și 240 MW în 12 grupuri cu pompare reversibile.

În ceea ce privește CHE de vîrf, se caută să se folosească la maximum posibilitățile caracteristice acestor centrale, de a putea porni în intervale de 1—2 minute și realiza variații de încărcare, de la 0 la plină sarcină, în cîteva secunde. Aceste centrale se construiesc, în general, cu grupuri puține și cu un coeficient mare de supraechipare, ales în funcție de posibilitățile de acumulare date, dar și de caracterul zonei de vîrf a curbelor zilnice de sarcină ale sistemului electroenergetic respectiv.

În țările în care nu se pot realiza suficiente CHE de vîrf gravitaționale, se recurge din ce în ce mai mult la CHE cu pompare pure sau combinate cu CHE normale. Apărute cu puteri mici în jurul anului 1900, CHE cu pompare mai importante au început să fie realizate după 1930, actualmente fiind în funcțiune sau în faze avansate de construcție puteri totale, în astfel de centrale, de ordinul 1500 MW în R. F. Germană, 1000 MW în S.U.A., 700 MW în Anglia, 600 MW în R. D. Germană, 500 MW în Austria, 400 MW în Luxemburg, 200 MW în Japonia etc.

În U.R.S.S., ca și în țara noastră, nu este necesar a se apela încă la astfel de centrale, decît treptat după 1965, întrucît se dispune încă de suficiente posibilități de amenajare de CHE de vîrf cu acumulare naturală.

Unitățile cele mai mari din aceste centrale sînt de 100 MW, chiar și ca grupuri reversibile. Coeficienții de recuperare, exprimînd raportul dintre energia electrică redată în sistemul electroenergetic și cea absorbită în regim de pompare, au crescut de la 52 % în 1930 la 70 % în prezent, atingînd valori maxime pînă la 75 % (Vianden-Luxemburg). Regimul de exploatare a devenit foarte suplu, la Niederwarte, R.D.G., regimul de funcționare schimbîndu-se de 30—40 ori pe zi.

În legătură cu folosirea mareelor, este de menționat progresul construcției centralei mareomotrice de la La Rance, în Franța, prevăzută a intra în funcțiune în 1967, cu grupuri reversibile de tip bulb și cu o producție de 540 GWh/an, și interesul crescînd pentru astfel de centrale în U.R.S.S., unde anul acesta vor începe lucrările la o centrală experimentală lîngă Murmansk.

În ceea ce privește realizările din țara noastră, ne mîndrim cu CHE „V. I. Lenin" de la Bicaz, cu o putere instalată de 210 MW, cu 490 GWh producție medie anuală și cu marele și frumosul lac de acumulare de 1,23 miliarde m^3, care va servi și salbei de 12 centrale, însumînd 250 MW, în execuție în continuare, în aval pe Bistrița, dintre care s-a pus în funcțiune cu toată puterea CHE Roznov I. Se lucrează intens la CHE „16 Februarie" de pe Argeș, cu o putere instalată de 220 MW, și se studiază activ lucrările de amenajare a Dunării la Porțile de Fier și Islaz și a unei serii de CHE de vîrf pe rîurile interioare.

3. GOSPODĂRIREA COMBUSTIBILILOR

Valorificarea cît mai eficientă a combustibililor clasici este urmărită insistent prin ameliorarea randamentelor proceselor de producere separată a energiei mecanice și electrice, respectiv a căldurii, dar din ce în ce mai intens și prin combinarea de procese energetice și tehnologice în vederea unei folosiri cît mai complexe și complete.

În domeniul *centralelor termoelectrice cu abur* continuă creșterea randamentului, mai puțin ca valori-record în instalațiile cele mai înaintate, cît mai ales ca valoare medie a ansamblului instalațiilor în exploatare. Dacă instalațiile cele mai bune, cu randamente de ordinul 40 %, reprezintă un salt uriaș față de valoarea de 4,5 % caracteristică instalațiilor cu un consum specific de 19 000 kcal/kWh în primii ani după 1900, ponderea încă mare a instalațiilor relativ vechi mai frînează ridicarea randamentului mediu statistic la valori actualmente sub 30 %. Cota precumpănitoare a instalațiilor noi în următorii ani va schimba însă repede această situație, mai ales în țările în care, ca și țara noastră, noile instalații se realizează la nivelul tehnicii celei mai moderne, iar zestrea instalațiilor vechi în funcțiune rămîne neînsemnată.

Ridicarea randamentului se urmărește atît prin ridicarea parametrilor aburului viu cît și prin creșterea puterii unitare a blocului cazan-turbină, generalizat ca soluție standard în marile CTE.

Această ultimă preocupare se justifică și prin scăderea sensibilă a investiției specifice o dată cu creșterea puterii unitare a blocului, respectiv cu creșterea puterii centralei. Astfel, ridicarea puterii unitare de la 100 MW la 300 MW ieftinește costul kW instalat cu 20—30 %, iar de la 100 MW la 500 MW cu 30—40 %, în funcție de condițiile specifice locale.

De aici tendința de a merge la cele mai mari puteri de centrale și blocuri compatibile cu mărimea sistemului electroenergetic și posibilitățile practice de fabricație a echipamentului. Astfel, în U.R.S.S., puterea unitară a celor 14 CTE noi ce urmează a intra în funcțiune pînă în 1965 este cuprinsă între 1 000 și 2 400 MW, în perioada următoare fiind prevăzute centrale de 3 000—4 000 MW. Și în S.U.A. și Anglia sînt în curs de realizare cîteva centrale cu puteri între 1 000 și 2 000 MW.

Cu privire la parametrii noilor grupuri turbogeneratoare, se constată, în urma rezultatelor exploatării celor cîteva mari grupuri experimentale cu parametri supracritici, în funcțiune, o stabilizare a tendinței de evitare a folosirii oțelurilor austenitice, prin limitarea temperaturii aburului viu și a celui supraîncălzit intermediar la 565°C în S.U.A. și în Anglia, respectiv la 565—580°C în U.R.S.S.

La grupurile cele mai mari în funcțiune sau în curs de realizare s-au adoptat în general următorii parametri : în U.R.S.S. 130 at și 565/565°C pentru grupul de 200 MW, 240 at și 580/565°C la unitatea de 300 MW, aceiași parametri urmînd a fi menținuți și pentru unitățile de 400 și 500 MW pe o linie de arbori, respectiv de 600, 800 și 1 000 MW pe două linii de arbori ; în S.U.A. 245 at și 565/565/565°C la cele două grupuri de 475 MW în funcțiune pe două linii de arbori, 170 at și 565/565°C la grupul de 650 MW în construcție pe două linii de arbori și 170 at și 565/538°C pentru cele două unități de cîte 800 MW, din care prima urmează să intre în exploatare în 1964: în Anglia pe lîngă cele două grupuri de 550 MW la 162 at și 565/565°C, în construcție pe două linii de arbori, s-au comandat pentru două noi CTE de cîte 2 000 MW, cîte patru grupuri de 500 MW la 162 at și 565/565°C, cu termene de punere în funcțiune eșalonat între 1965 și 1967 pentru prima centrală. Și în Canada a intrat în funcțiune anul trecut primul grup de 300 MW cu parametri de 165 at și 538/538°C, însă tot pe două linii de arbori, adică cu două generatoare de cîte 150 MW.

În afară de aceste țări, în Europa nu nu sînt prevăzute grupuri mai mari de 200 MW pînă în 1965, fie din cauza unui stadiu încă insuficient de dezvoltat al fabricației, fie din lipsa de interes pentru unități atît de mari în cadrul unor sisteme electroenergetice regionale relativ mici, ca de exemplu în R. F. Germană, unde în 1960 funcționau nu mai puțin de 891 întreprinderi separate de alimentare cu energie electrică.

În ceea ce privește țara noastră, orientarea spre parametri moderni înalți și grupuri mari în noile CTE este generală, grupurile de condensație prevăzute în perioada planului șesenal avînd parametrii de 130 at și 565/565°C la puteri unitare de 100, 150 și 200 MW.

Ca alte elemente caracteristice noilor mari CTE cu abur sînt de relevat tendința fermă de folosire de proiecte-tip și construcții din prefabricate în U.R.S.S., realizarea centralelor în construcții deschise sau semideschise, mai ales în vederea scurtării termenului de punere în funcțiune, revenirea la antrenarea cu abur a pompelor de alimentare a cazanelor, care la marile unități au puteri de pînă la 10—15 MW și permit turbine proprii economice, alimentate din prize ale turbinei principale, care își descarcă astfel treptele finale, etc.

În domeniul *turbinelor cu gaze* se constată atingerea unui nivel de siguranță corespunzător exigenței exploatării, cele circa 750 de agregate cu puteri unitare peste 750 kW, care totalizau la finele anului 1961 o putere instalată în centrale electrice de peste 5 000 MW, constituind un lot suficient de reprezentativ pentru a permite o apreciere concludentă.

Marea majoritate a grupurilor sînt de tipul cu ardere izobară, folosind ca fluid activ gazele de ardere în circuit deschis, dar și tipul cu aer cald este reprezentat prin cîteva unități, cu puteri însă sub 12 MW; instalațiile cu generator de gaze cu pistoane libere sînt limitate la puteri mici; cele mai mari grupuri sînt de 6,6 MW, dar ele realizează totuși randamente bune.

Temperatura de intrare la grupurile lucrînd cu gaze de ardere este limitată la 650°C în cazul folosirii păcurii — din cauza pericolului coroziunii vanadice — și variază între 700 și 820°C la combustibilul gazos. Din cauza acestor temperaturi încă reduse, randamentul agregatelor nu atinge valorile realizabile în marile centrale termoelectrice cu abur cu parametri foarte înalți, situîndu-se totuși în zonele de valori pînă la 27% pentru grupurile fără recuperare și pînă la 33,5% pentru unitățile cu instalații de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate. O ridicare sensibilă a acestor randamente s-ar putea realiza la temperaturi de intrare de ordinul 1 000—1 250°C, ultimei temperaturi corespunzîndu-i un randament de ordinul 57%. Pentru aceasta este însă necesar să se pună la punct răcirea cu apă a turbinei și a camerei de ardere, procedeu care la primele încercări în 1960—1961 a dat rezultate promițătoare.

Pentru dezvoltarea folosirii viitoare a acestor agregate în centrale electrice este determinantă posibilitatea măririi puterilor unitare, astfel încît să ajungă la un ordin de mărime corespunzător sistemelor electroenergetice în continuă creștere. Majoritatea grupurilor mari actuale nu depășesc o putere unitară de 25 MW, grupuri mai mari în exploatare fiind unul de 40 MW în Suedia (1959) și două de cîte 50 MW în U.R.S.S. (1961). Se găsesc însă în proiectare unități de 50 MW (R. S. Cehoslovacă, Elveția), de 100 MW (R. D. Germană, U.R.S.S.), de 150 MW (S.U.A.) și de 200 MW (U.R.S.S.). În U.R.S.S. s-au încheiat recent chiar calculele teoretice pentru o unitate de 1 000 MW. În orice caz, este de dorit ca și marile unități să păstreze avantajul pornirii rapide, grupurile actuale permițînd porniri de la rece în 8—15 min pentru instalații fără recuperator și de 20—30 min la cele cu recuperatoare. Turbina de 40 MW menționată mai sus pornește de la rece în numai 6 min.

Se constată un interes crescînd pentru folosirea turbinelor cu gaze ca grupuri de termoficare, începînd de la unitățile mici cu aer cald în circuit închis și continuînd cu unități de 25 MW (R. F. Germană), dar mai ales cu grupurile mari de 50 MW de mare economicitate în U.R.S.S.

De asemenea este de semnalat utilizarea crescîndă a turbinelor cu gaze în industria siderurgică și chimică (cu puteri unitare pînă la 15 MW), precum și în stații de pompare a gazului natural sau a produselor petroliere pe conducte lungi (puteri pînă la 10 MW).

Ca experiență romînească în acest domeniu este de relevat continua ameliorare a exploatării unității de 10 MW, instalată încă din 1950 în centrala Filaret, care după o serie de deficiențe inițiale a depășit 22 000 ore de funcționare, din care peste 5 000 ore în anii 1961 și 1962, în genere la plină sarcină.

În domeniul *ciclurilor combinate abur-gaze* continuă activitatea de cercetări tehnice și tehnico-economice, mai ales în lumina posibilității realizării în viitor de mari agregate de turbine cu gaze. Se consideră însă, pe drept cuvînt, că ameliorarea randamentului, posibilă prin aplicarea acestor cicluri combinate, nu devine într-adevăr interesantă decît de la o anumită putere unitară în sus, adică atunci cînd efectul diferenței de investiție specifică față de unitățile cu abur foarte mari se atenuează suficient. Cu toate acestea, în anumite condiții locale pot fi avantajoase și grupuri mai mici, ca, de exemplu, în cazul celei mai importante instalații realizate în 1960/1961 în Austria, la care două agregate de turbine cu gaze de 25 MW 650°C sînt cuplate cu două cazane recuperatoare de 50 t/h, 15 at și 450°C, aburul produs antrenînd o turbină cu abur de 25 MW. Instalația are un randament global de 30% și dispune și de un cazan suplimentar funcționînd cu combustibil lichid.

Termoficarea înregistrează o dezvoltare generalizată în forma ei industrială și se consolidează sistematic în forma ei urbană în țările în care condițiile de climă, combustibil și densitate de consum termic o justifică și din punct de vedere economic.

Față de creșterea sensibilă a indicilor tehnico-economici la producția separată a energiei electrice în mari CTE și a căldurii în cazane cu randamente din ce în ce mai bune, economia de combustibil, principalul factor care determină economicitatea termoficării, nu se poate menține decît prin ridicarea producției specifice de energie electrică pe unitatea de căldură livrată și printr-o îngrădire corespunzătoare a cotei de energie electrică produsă în părți de condensație în CET cu un consum specific de combustibil superior celui din marile CTE. De aici tendința generală de ridicare a parametrilor aburului viu în centralele de termoficare industriale la valorile superioare, încă compatibile cu debitele de abur ce trec prin turbine, și evitarea de părți de condensație prin instalarea de grupuri cu contrapresiune, care la duratele mari de utilizare a consumului termic industrial asigură o disponibilitate suficientă a puterii electrice a unităților respective. În cazurile în care, totuși, această disponibilitate nu este suficientă, asigurarea puterii necesare în restul anului, precum și a rezervei, se preia, în condițiile economiei socialiste, de regulă, de sistemul electroenergetic, grupuri cu părți de condensație în CET industriale fiind considerate ca acceptabile numai de la puteri unitare de 50 MW, și rareori 25 MW, în sus.

În cazul termoficării urbane, datorită duratei de utilizare anuale mult mai reduse, se consideră indicată folosirea de grupuri cu condensație și priză, însă, pentru a le asigura o economicitate suficientă, se prevăd grupuri cu parametri înalți și cu producții specifice de energie electrică mari, datorită unor presiuni reglabile joase la priză și folosirii în parte a condensatorului ca primă treaptă de încălzire a apei din rețeaua de termoficare. Există însă și propuneri de a se folosi și numai grupuri cu contrapresiune variabilă. Ca mărime a grupurilor se preferă unități puternice de ordinul 50 MW, în sistemul de termoficare urbană al Moscovei fiind pus recent în funcțiune și un prim grup de 100 MW.

Totuși, cum de multe ori apar indicate centrale de termoficare mixte, alimentînd atît consumatori industriali cît și urbani, pot apărea ca indicate, în funcție de condițiile specifice locale, și grupuri cu condensație și prize de 25 MW, însă rareori și de puteri mai mici.

Specifică dezvoltării din ultimii ani este folosirea pentru acoperirea vîrfurilor sarcinii de încălzire a marilor cazane de apă fierbinte instalate la CET (de 50, 100 și chiar 200 Gcal/h), uneori chiar înaintea realizării centralei propriu-zise, în care caz aceste cazane servesc ca surse de căldură de bază într-o primă etapă de dezvoltare a sistemului de termoficare.

Ca cei mai înalți parametri și grupuri de termoficare mari în exploatare sînt de semnalat unități de 50 MW de termoficare industrială, respectiv urbană, cu 130 at și 565°C, care reprezintă construcția curentă în U.R.S.S., și grupul de 100 MW de termoficare urbană menționat, cu aceiași parametri. În U.R.S.S. s-a proiectat un grup de termoficare cu contrapresiune de 100 MW, și la scara mare de aplicare a termoficării sovietice se iau în considerare și unități de 150 și chiar 250 MW.

Spre deosebire de alte domenii, în care limitele superioare ale puterii echipamentelor constituie problemele cele mai discutate, în cazul termoficării interesează în cel mai înalt grad și limita inferioară a consumului termic, industrial sau urban, de la care producția combinată de energie electrică și căldură se justifică și economic. În prezența unor păreri încă contradictorii în această privință, nu se poate trage deocamdată altă concluzie, decît aceea că această problemă trebuie cercetată foarte complex și amănunțit în condițiile concrete, energetice și de costuri, specifice fiecărei economii.

În ceea ce privește situația din țara noastră, termoficarea se situează, atît ca rol atribuit în dezvoltarea bazei energetice cît și prin concepția de ansamblu și performanțele schemelor și echipamentelor folosite, la nivelul cel mai înalt al tehnicii actuale în acest domeniu. Astfel, în sectorul termoficării industriale funcționează deja la CET Borzești și CET Ploiești mai multe grupuri de 50 MW cu 130 at și 565°C, cu condensație și prize, și este în curs extinderea CET Grozăvești cu două grupuri de termoficare urbană de cîte 50 MW, la aceiași parametri înalți. De asemenea este în fază finală montajul primelor cazane de apă fierbinte de 100 Gcal/h la această centrală, respectiv a celor destinate zonei de est a Capitalei.

Pe lîngă dezvoltarea excepțională a termoficării urbane în București, datorită amploarei programului de construcție de locuințe în curs și schemelor celor mai moderne ce pot fi aplicate eficient în aceste condiții, este de relevat și frontul larg în care această acțiune cuprinde și alte orașe din țară, instalații importante fiind în funcțiune sau în curs de realizare la Onești, Reșița, Hunedoara, Arad, Timișoara, Gura-Barza, Iași și fiind pregătite proiecte pentru o serie de alte orașe care urmează în viitorii ani. Mai rămîne încă de făcut un salt calitativ important în domeniul centralelor de termoficare de puteri mici, prin trecerea de la parametrii medii actuali, de 40 at și 450°C, la 100 at și 540°C, acțiune de altfel în curs de pregătire.

În ceea ce privește folosirea turbinelor cu gaze pentru termoficare, sînt de menționat rezultate bune în urma exploatării de doi ani a unităților de 25 MW montate în CET Vahr, la Bremen, și intrarea recentă în exploatare a celor două agregate sovietice de cîte 50 MW. În U.R.S.S. există și preocupări pentru cicluri de termoficare abur-gaze, care ar permite indici de termoficare de pînă la 800 kWh/Gcal, față de 640 kWh/Gcal la cele mai bune cicluri cu abur actuale. În direcția folosirii energiei nucleare pentru termoficare, se apropie termenul de punere în funcțiune a primei CET nucleare, destinată a alimenta cu căldură un nou cartier la sud de Stockholm.

Transformarea directă a energiei combustibililor sau a căldurii în energie electrică continuă să fie obiectul unor atente cercetări pe calea pilei de combustie, a termoelementelor, a transformării termoionice și a metodei magneto-hidrodinamice. Pe cînd primele trei procedee sînt practic încă plafonate la cîțiva kW, ultimul pare să ofere, după primele experiențe reușite cu instalații mici, șanse de trecere rapidă la scară industrială.

4. ENERGIA NUCLEARĂ

În sectorul energiei nucleare nu s-a trecut de stadiul cercetărilor de bază în domeniul *fuziunii* termonucleare și, cu toată încrederea în succesul final, nu se pot face aprecieri asupra intervalului de timp necesar atingerii stadiului de folosire practică a acestui procedeu pe scară industrială. În schimb în folosirea energiei nucleare obținută din procese de *fisiune* sînt de relevat progrese însemnate în consolidarea tehnicii reactoarelor.

Astfel, au trecut 20 de ani de cînd a devenit critic primul reactor nuclear și au trecut 8 ani de la intrarea în funcțiune continuă a primei centrale atomoelectrice industriale de 5 MW, la 27 iunie 1954, în U.R.S.S. Între timp au fost puse în funcțiune în total circa 450 reactoare nucleare, din care circa 200 experimentale, 100 cu energie zero, și peste 85 reactoare nucleare pentru scopuri energetice.

Sub aspect energetic, dezvoltarea poate fi caracterizată, pe de o parte, de preocuparea determinării tipurilor celor mai adecvate de reactoare nucleare, prin dobîndirea unei convingătoare experiențe de exploatare în condiții industriale, în care scop se construiesc în paralel instalații cu tipurile cele mai promițătoare, iar pe de altă parte de consecventa perfecționare și utilizare pe scară mare a reactorului răcit cu gaze și moderat cu grafit, de tipul folosit la Calder Hall. În prima direcție se lucrează sistematic și cu răgazul oferit de rezerve încă mari de combustibili clasici în U.R.S.S. și S.U.A., în timp ce în Anglia, sub presiunea, totuși mai relaxată în ultimii ani, a unei balanțe proprii de combustibil deficitare se desfășoară programul de punere în funcțiune în în CAE a unei puteri electrice totale de 5 000 MW pînă în 1968, din care pînă în prezent sînt în exploatare sau în diferite faze de construcție 3 600 MW. Celelalte țări au poziții intermediare, de la cîteva CAE în funcțiune, în construcție sau în proiectare, pînă la așteptarea prudentă de rezultate favorabile și unanim concludente la instalațiile realizate în această primă perioadă.

În general, se poate însă spune — cel puțin pentru principalele trei tipuri de reactoare energetice care au stat în centrul preocupărilor acestei prime etape de experimentare, și anume reactorul cu apă sub presiune, cel cu apă care vaporizează și cel răcit cu gaze și moderat cu grafit — că din punct de vedere tehnic problemele de proiectare, construcție și exploatare au găsit o rezolvare satisfăcătoare. Din punct de vedere economic însă, prețul de cost al unei kWh produse în CAE este încă sensibil superior celui din marile CTE moderne.

Ținînd seamă de nesiguranța, azi încă inerentă, a unor factori cu mare influență asupra prețului de cost, ca : durata de amortizare a instalațiilor nucleare, disponibilitatea și gradul de ardere a combustibilului nuclear, cheltuielile de prelucrare a elementelor folosite, cele de evacuare a reziduurilor reactive etc., precum și de perspectivele încă insuficient de certe ale influenței favorabile a măririi sensibile a puterii unitare a reactoarelor nucleare și a ridicării parametrilor aburului în CAE, se pare că nu este de așteptat înainte de 1970 ca prețul energiei electrice produse în CAE să scadă la nivelul celor mai mari și moderne centrale termoelectrice clasice.

5. ALTE SURSE DE ENERGIE

În afară de sursele hidraulice și combustibilii clasici sau nucleari, se mai pot folosi în scopuri energetice energia solară, energia eoliană și cea geotermică. Deși amploarea instalațiilor existente este relativ redusă, totuși există o vie activitate de cercetare și realizări interesante în domeniile respective, interesul acordat folosirii acestor forme de energie oglindindu-se într-o largă participare la toate conferințele internaționale cu aceste teme ținute în ultimii ani.

Interesul acordat folosirii *energiei solare* depășește stadiul actual al utilizării ei nemijlocite sub formă de căldură, el urmărind mai ales transformarea directă a energiei solare în energie electrică pe o scară mult mai mare decît cea reușită în primele baterii solare și care în cazul unui randament suficient de mare ar deschide perspective uriașe de intervenție unei surse de energie practic inepuizabilă.

Energia eoliană rămîne interesantă pentru o serie de cazuri speciale, fără a avea însă perspectiva unei ponderi cît de cît importante în balanța energetică globală. Totuși, cazurile speciale citate merită efortul depus în studiul și perfecționarea echipamentului eolian respectiv.

De asemenea, foarte interesantă prin perspectivele pe care le oferă apare *energia geotermică*, adică căldura straturilor magmatice ale pămîntului. Pînă la forme mai depărtate de sistematică utilizare, energia geotermică se folosește în prezent în funcție de localizarea unor surse subterane de abur, apă fierbinte sau caldă. Instalațiile energetice cele mai importante în exploatare se găsesc în Italia (350 MW) și în Noua Zeelandă (70 MW). Și în U.R.S.S. este în curs de realizare, în Kamciatka, o centrală alimentată din sonde cu adîncimi între 120 și 300 m, avînd debite unitare de pînă la 150 t/h abur. În afară de folosirea pentru producerea energiei electrice, apa fierbinte sau caldă din surse subterane poate fi folosită la încălzirea centralizată a orașelor, de exemplu Reykjavik (Islanda) și în parte Budapesta.

Un caz cu caracter mai special, dar totuși demn de relevat, îl constituie folosirea *energiei potențiale a gazelor* din zăcăminte sub presiune. Astfel, în cadrul utilizării zăcămintelor noastre de gaze naturale combustibile se dă o deosebită atenție gospodăririi adecvate a presiunii acestora, în primul rînd pentru transport la distanțele cele mai indicate și pentru compresoare cu jet. Se studiază însă și folosirea practică a restului de presiune în turbine.

6. TRANSPORTUL ȘI DISTRIBUȚIA ENERGIEI

Ca aspecte noi în transportul energiei sînt de semnalat preocupările pentru transportul cărbunilor prin conducte, transportul peste mare al gazelor naturale în formă lichefiată, prin vase speciale, ca, de exemplu, din Sahara la Londra pentru alimentarea acestui oraș și injectare în rețeaua regională respectivă, și transportul indirect în mari cantități și la mari distanțe de energie electrică încorporată în aluminiul produs prin electroliză.

Transportul țițeiului și gazelor se face la foarte mari distanțe, și la anumite cantități și distanțe transportul gazelor naturale poate fi mai economic decît al energiei electrice.

Transportul căldurii își mărește întrucîtva distanțele tehnic posibile și economic justificate, aburul la 5—6 km, iar apa fierbinte la 12—15 km în cadrul rețelelor de termoficare urbane și pînă la 20—25 km și chiar mai mult pentru transportul monotubular de la surse de producere exterioare spre rețele orășenești.

În ceea ce privește transportul energiei electrice continuă tendința folosirii tensiunilor celor mai înalte și a măririi siguranței de alimentare. În U.R.S.S. funcționează deja linii de 500 kV, au intrat în etapa finală lucrările de construcție a primei linii de curent continuu de 800 kV, de la Volgograd pînă la barajul Donețului, în lungime de 500 km.

Tot în curent continuu a intrat în funcțiune la finele anului 1961 legătura în cablu submarin de 200 kV între Franța și Anglia pe o distanță de 54 km. Această interconexiune a condus, folosind decalajul între vîrfurile de sarcină în cele două țări, la evitarea instalării unei puteri electrice de 160 MW în fiecare dintre ele, costul cablului reprezentînd numai circa 65% din investiția unei singure centrale de această putere.

Avantajele interconexiunii promovează rapid extinderea sistemului electroenergetic unic în fiecare țară, chiar la dimensiunile uriașe ale U.R.S.S., marile sisteme electroenergetice actualmente în curs de formare în partea europeană, în Siberia centrală, Asia centrală etc. urmînd a fi integrate într-un sistem unic unional. Aceasta va necesita probabil tensiuni pînă la 1 400 kV.

Sistemul electroenergetic vest-european, grupînd țări cu o dezvoltare electroenergetică mai veche, funcționează în soluții tehnice interesante, însă îngrădite de condițiile economice specifice economiei capitaliste. În schimb, este în curs de formare și dezvoltare rapidă sistemul electroenergetic interconectat a șapte țări membre CAER — R. P. Bulgaria, R. S. Cehoslovacă, R. D. Germană, R. P. Polonă, R. P. Romînă, R. P. Ungară și U.R.S.S., — în care, pe baza largii și multilateralei colaborări în cadrul diviziunii internaționale socialiste a muncii, se vor valorifica la maximum toate posibilitățile tehnice și economice oferite de interconectarea unor sisteme naționale cu întindere geografică atît de cuprinzătoare, cu structură energetică sensibil diferită, însă avînd toate ca element comun un ritm anual de creștere a puterii și energiei electrice deosebit de accentuat. În această privință este de relevat că a fost necesar să se aștepte ca într-o primă fază de dezvoltare economică să se creeze sistemele electroenergetice unice în fiecare dintre aceste țări, respectiv într serie de mari regiuni economice ale U.R.S.S. și apoi să treacă la elaborarea propunerilor privind prima etapă a interconectării — pînă în 1965 — care au fost aprobate în 1959 la cea de-a XI-a sesiune CAER. Realizarea sistemului interconectat a început în 1960 cu linii de 220 kV, cu o capacitate de transport de 300 MW, între sistemele R.D.G. și R. S. Cehoslovace, R. D. G. și R. P. Polone, R. S. Cehoslovace și R. P. Polone, R. P. Ungare și R. S. Cehoslovace, a continuat cu linia de 220 kV de la Mukacevo (U.R.S.S.) în R. P. Ungară și se va încheia cu punerea în funcțiune a liniilor de înaltă tensiune din R.P.R. spre Mukacevo și apoi spre R. P. Bulgaria. Dată fiind mărimea sistemului interconectat, însumînd o putere maximă de ordinul a 34 000 MW și o producție totală de circa 170 TWh în 1965, și sarcinile complexe legate de buna sa funcționare, s-a semnat încă din anul trecut acordul privitor la înființarea Direcției centrale de conducere prin dispecer a acestui sistem, cu sediul la Praga.

Pe lîngă avantajele generale cunoscute ale interconexiunii, ca economie de putere instalată de circa 1000 MW, datorită rezervei comune și diferenței de oră între vîrfurile de sarcină în diferitele țări, precum și reducerea pierderilor prin raționalizarea transportului, sînt esențiale în cadrul acestui sistem livrările de energie electrică către țările care dispun de rezerve energetice proprii insuficiente, pe bază de contracte de lungă durată reciproc avantajoase. Astfel R.P.U. primește circa 1 TWh anual din U.R.S.S., iar R.P.R. va livra după punerea în funcțiune a instalațiilor corespunzătoare pînă la 2 TWh pe an în R. S. Cehoslovacă. În acest mod se manifestă, și în forme specifice sectorului energiei electrice, larga acțiune de colaborare și diviziune internațională socialistă a muncii a țărilor membre CAER.

Dintre realizările mai deosebite în țara noastră în domeniul transportului și distribuției energiei este de semnalat masiva extindere a rețelei naționale de transport de gaze naturale, precum și a rețelelor de distribuție într-un mare număr de localități, dezvoltarea în curs a rețelelor de termoficare pentru transportul și distribuția căldurii în orașele citate, dar mai ales intrarea în funcțiune a transportului masiv de abur pe distanța de 5,5 km de la CET Ploiești, care constituie una dintre cele mai mari realizări de acest gen existente, precum și construcția liniilor interne de 220 kV și a liniei de 400 kV spre R. S. Cehoslovacă. De asemenea s-a așezat un cablu subfluvial de 110 kV și s-a introdus prima legătură în cablu cu această tensiune în București.

7. MECANIZARE ȘI AUTOMATIZARE

Se pare că energetica constituie unul dintre domeniile în care mecanizarea și automatizarea s-au introdus cel mai devreme și pe scară foarte repede crescîndă. Pe de o parte, pentru a ușura munca omului, dar de la un anumit nivel tehnic și mărime a instalațiilor în sus aproape obligatoriu, pentru a asigura promptitudinea și exactitatea unor intervenții fără de care nu se poate asigura nici gradul de perfecțiune și nici cel de siguranță specific alimentării cu energie.

O dată cu creșterea puterii unitare a instalațiilor și cu formarea sistemelor electroenergetice din ce în ce mai puternice, o serie de operații rezervate încă intervenției omului pe baza aprecierii indicațiilor unor aparate de măsură și control, comportă necesitatea urmăririi practic simultane a unui număr atît de mare de informații, a prelucrării lor imediate în vederea determinării hotărîrii optime de aplicat și intervenții operative atît de rapide, încît se depășesc posibilitățile și ale celui mai antrenat personal. Totodată, valorile uriașe ale agregatelor energetice foarte mari implică evitarea oricărui risc de intervenție greșită. Din aceste cauze, pe lîngă extinderea automatizării cît mai complete cu mijloacele obișnuite sau cu mijloace perfecționate, ca, de exemplu, regulatoare de viteză electronice la turbine, se caută a se introduce continuu noi trepte superioare de automatizare.

Astfel, pe lîngă folosirea calculatoarelor electronice analogice și numerice în fazele de cercetare și proiectare ca, de exemplu, pentru determinarea soluțiilor optime de dezvoltare tehnică și economică a sistemelor energetice, pentru efectuarea calculelor cu volum mare de lucru — ca cele pentru stabilirea variantei optime de dimensionare a unor instalații energetice separate (baraje, cazane, rețele de termoficare și electrice locale etc.) — s-a dovedit utilă și din ce în ce mai necesară folosirea acestor mijloace și pentru realizarea unui grad mai înalt de automatizare în exploatarea instalațiilor energetice. În această direcție s-a început prin a se folosi aceste mijloace pentru calculele tehnice ale regimurilor de tensiune și condițiilor de stabilitate în diferite variante de funcționare a sistemelor electroenergetice, precum și pentru calculele legate de repartiția optimă a sarcinii pe diferitele centrale și unități producătoare. Se continuă cu folosirea calculatoarelor pentru supravegherea tehnică a exploatării marilor agregate sau blocuri energetice, utilizînd posibilitatea lor de a urmări și a verifica foarte repede valorile unui număr mare de parametri, cerîndu-le a determina curent o serie de indici sintetici de exploatare, ca, de exemplu, consumul specific de combustibil al blocului și randamentul principalelor sale componente. Etapa următoare, în stadiu de pregătire avansată pentru cîteva instalații mari, constă în preluarea conducerii exploatării blocurilor energetice, toate operațiile de pornire, oprire și variații de încărcare fiind comandate prin combinații de calculatoare cifrice și mașini analogice. Prin controlul strict științific al regimurilor dinamice ale unităților, se vor evita orice suprasolicitări dăunătoare și se va obține în acest mod o reducere a uzurii instalațiilor, care, pe lîngă economia de combustibil și personal, contribuie esențial la acoperirea costului încă relativ ridicat al acestei înalte faze de automatizare.

În fine, se lucrează intens la comanda automată a repartiției optime a sarcinilor active și reactive în sistemele electroenergetice, ținîndu-se seama și de pierderile de transport, care odată pusă la punct, va reprezenta una dintre cele mai complexe și frumoase realizări ale automaticii actuale.

Cu toate acestea, elementul primordial rămîne omul, și cu cît va avea mijloace auxiliare mai rapide și eficace la îndemînă, cu atît se va putea concentra asupra muncii de concepție, găsind în toate fazele de activitate soluții energetice mai fine și subtile. Or, la valorile mari în joc în energetică, cele mai mici ameliorări relative conduc la rezultate absolute importante.

8. ENERGETICA INDUSTRIALĂ

Rămîne mai departe aproape de neînțeles cu ce greutate își fac drum preocupările de ameliorare a gospodăririi energiei în industrie. Și aceasta cu toate că industria este cel mai mare consumator de energie utilă într-un vast și variat cadru nu numai de instalații de consum, dar și de multiple și complexe instalații prelucrînd forme de energie intermediare. Explicația, deseori invocată, că în prețul de cost al producției industriale costul energiei ar intra totuși numai cu o cotă relativ mică—ceea ce nu ar atrage suficient pe tehnologi să se încarce cu preocupări energetice complicate și în afara specialității lor directe — nu a fost niciodată general valabilă și își pierde pe zi ce trece din greutate. Tot mai mult intervine energia în procesele tehnologice și mereu crește ponderea ei în prețul de cost al produselor industriale. Mai mult încă, apar mereu procese noi de fabricație bazate aproape exclusiv pe efectul unor puternice intervenții energetice.

În aceste condiții noi, care, accentuînd nevoia unor cunoștințe de specialitate, au deschis calea pătrunderii unui personal energetic din ce în ce mai numeros și competent în principalele întreprinderi industriale, au început să se cristalizeze preocupări energetice specifice acestui domeniu și să se pornească procesul de formare a ceea ce se definește — poate încă puțin vag, dar în orice caz cuprinzător — complexul *energeticii industriale.*

Ca aproape peste tot, preocupările sistematice în sectorul energeticii industriale sînt și în țara noastră la început. Acest început este încă modest, dar întrunește toate condițiile pentru a putea dezvolta repede energetica industrială la nivelul rolului ce-i revine în cadrul economiei noastre energetice. Amploarea, ritmul și eficiența acestei acțiuni vor depinde însă hotărîtor de consecvența și energia cadrelor de energeticieni, care se îndreaptă din ce în ce mai numeroși și mai competenți spre această tînără ramură de activitate.

9. CERCETAREA ENERGETICĂ

Ca în orice domeniu al tehnicii moderne, activitatea de cercetare s-a amplificat și s-a ridicat calitativ foarte mult în ultimii ani și în domeniul energeticii.

Evident, din ce în ce mai necesară, ea se dezvoltă datorită formării unor cadre de cercetare mai numeroase și calificate, asigurării unei baze experimentale cuprinzătoare și consolidării unui climat din ce în ce mai favorabil. În această ultimă privință pare esențială consacrarea cercetării energetice ca o activitate de bază, direct productivă și precedînd cu un decalaj corespunzător activitatea de producție propriu-zisă, în loc de a fi desfășurată ca o activitate ad-hoc, destinată elaborării de lucrări disparate și deseori grăbite, așa cum le impun necesitățile, dacă acestea nu sînt din vreme prevenite și rezolvate.

Concepută în acest spirit și subordonată în întregime nevoilor complexe ale sistemelor energetice, în care își desfășoară de multe ori direct importante experiențe pe viu, cercetarea energetică își îndeplinește cu atît mai bine menirea cu cît rezolvă în faze incipiente toate acele dificultăți care altfel devin într-adevăr probleme greu de rezolvat în exploatare. Aceasta nu înseamnă însă că nu vor rămîne de soluționat și destule greutăți, care nu apar decît în condițiile practice ale exploatării. Totuși, cu cît activitatea de prevenire este mai puternică, cu atît cercetarea este mai eficace. Așa se explică preocuparea generală pentru întărirea masivă a cercetării energetice, mai ales în țările socialiste, în care ritmul foarte susținut de creștere a consumului de energie îndreptățește cu atît mai mult un efort de cadre în plus într-o activitate de cercetare bine coordonată și planificată, cu cît ea are ca urmare imediată o economie de cadre de proiectare, execuție și exploatare, care rezultă aproape nemijlocit din această orientare.

10. COLABORAREA INTERNAȚIONALĂ

Activitatea multilaterală specifică domeniului energeticii, precum și faptul că interesul multor preocupări depășește cadrul propriu unei țări au făcut să se nască relativ devreme și să se dezvolte apoi pe scară mare un intens schimb de experiență internațional. Țara noastră participă din ce în ce mai activ și cu lucrări unanim apreciate la majoritatea marilor conferințe internaționale cu caracter energetic, duce o activitate susținută în grupele de lucru ale Comitetului pentru energia electrică al O.N.U și Comisiei permanente a CAER pentru energia electrică, întreține schimburi directe de experiență cu diferite țări în probleme energetice și are un larg schimb de publicații cu caracter energetic. Ea contribuie astfel și în acest domeniu la promovarea cunoașterii reciproce și la buna înțelegere între popoare.

* * *

Aceste considerații energetice se încheie cu urarea ca, și mai mult ca în primii săi zece ani de apariție, revista „Energetica" să aibă ocazia ca în viitor, pe lîngă o informare de ansamblu, să oglindească în paginile sale cît mai multe și valoroase realizări energetice românești. Importanța ce se acordă și condițiile excepționale create de Partidul Muncitoresc Romîn și de guvern dezvoltării bazei noastre energetice asigură, în această privință, împreună cu avîntul tuturor lucrătorilor din acest domeniu, realizarea cu cinste a tuturor obiectivelor fixate.

Aspectele fenomenului de fluaj în centralele termoelectrice cu parametri înalți

*PETRE IFTIMIE** — București

În toate țările se remarcă tendința spre realizarea unor centrale termoelectrice cu parametri ridicați și puteri mari, avînd în vedere avantajele economice ce se obțin.

În decursul dezvoltării construcțiilor de agregate de turbine și cazane, se constată că în permanență au existat încercări și s-au realizat progrese pe linia ridicării presiunii și temperaturii aburului.

Dacă ridicarea presiunii aburului, fără a se depăși în general temperatura de 450—500°C, nu a pus probleme constructive deosebite, ridicarea temperaturii aburului peste aceste limite a fost legată de o serie de probleme de metalurgie privind elaborarea de oțeluri speciale.

În prezent, cei mai ridicați parametri ai aburului sînt într-o centrală termoelectrică din S.U.A. : 352 ata și 650°C. În U.R.S.S. s-a pus în funcțiune un grup turbogenerator cu parametri de 300 ata, 650°C, prevăzut cu răcire cu abur de 540°C a corpului de foarte înaltă temperatură, ulterior urmînd a se mări în continuare temperatura la 750—800°C.

Din cauza oțelurilor speciale, puternic aliate, necesare pentru a se putea funcționa la temperaturi și presiuni ridicate, și a costului ridicat al acestora, majoritatea construcțiilor rămîn sub 570°C, temperatură-limită de folosire a oțelurilor slab aliate.

În legătură cu funcționarea organelor de mașini și a conductelor la temperaturi ridicate și supuse la sarcini permanente, apare fluajul (curgerea lentă), definit ca fenomenul de creștere a deformațiilor în timp.

După STAS 1965—50 se dă pentru fluaj următoarea definiție : proprietatea materialelor de a se deforma lent și continuu în timp sub acțiunea unei sarcini constante ; această proprietate este variabilă cu temperatura.

În general, în calculul static al organelor de mașini și instalații care funcționează la temperatura mediului ambiant nu se ține seamă de factorul timp. Eforturile unitare și deformațiile produse de sarcinile aplicate sînt considerate invariabile în timp.

Dacă însă aceleași piese și instalații lucrează la temperaturi ridicate, variația în timp a eforturilor unitare și a deformațiilor devine destul de mare.

Fluajul se produce atît în cazul cînd în piesă apar deformații plastice (remanente) cît și atunci cînd deformațiile sînt elastice.

Procesul fluajului este cu atît mai intens, cu cît temperatura este mai ridicată.

În practică se cunosc cazuri cînd, în urma curgerii lente, deformațiile izoterme ale discului și paletelor turbinelor de abur au anulat jocurile între palete și carcasă, producînd avarierea paletajului.

Datorită relaxării șuruburilor se produce o slăbire treptată a îmbinărilor cu flanșe ale conductelor de abur funcționînd la temperaturi ridicate, avînd ca urmări pierderea etanșeității îmbinării.

Slăbirea discurilor fretate pe arbori și lucrînd în zona temperaturilor ridicate reprezintă efecte constatate practic ale fenomenului de fluaj.

Din cele de mai sus rezultă că pentru piesele care funcționează timp îndelungat în stare încălzită, trebuie să se facă un calcul bazat pe ipoteze diferite de cele pentru calculul pieselor funcționînd la temperatura mediului ambiant.

La acestea din urmă, în calculele de rezistență se consideră ca stare-limită apariția curgerii sau a ruperii, în timp ce pentru piesele încălzite starea-limită este cea pentru care deformațiile și eforturile unitare iau anumite valori-limită, la care nu mai pot fi respectate condițiile de funcționare normală a pieselor.

Fenomenul de fluaj este cunoscut mai de mult, însă cercetarea lui s-a făcut în special în legătură cu dezvoltarea industriei de mașini energetice funcționînd cu abur la temperaturi și presiuni ridicate.

1. Fluajul pieselor solicitate la tracțiune

Studiul fluajului are drept scop să stabilească relația dintre timp, t, și următoarele trei variabile : temperatura, T, efortul unitar, σ, și lungirea, $\mathrm{d}l$, respectiv lungirea specifică, ε. Se poate scrie :

$$\mathrm{d}l = f\ (T,\ \sigma,\ t).$$

În practică se fac încercări la care se menține constant unul sau doi dintre parametri, înregistrîndu-se variația celorlalți.

Cazul cel mai general este cînd se admite că efortul unitar suferă o creștere $\mathrm{d}\sigma$, iar temperatura o creștere $\mathrm{d}T$, ambele într-un interval de timp $\mathrm{d}t$; lungirea specifică a epruvetei crește și ea conform următoarei ecuații generale de fluaj :

$$\varepsilon = \frac{\mathrm{d}l}{l_0} = \frac{\mathrm{d}\sigma}{E} + \alpha\,\mathrm{d}T + v_f\,\mathrm{d}t,$$

---

* *P. Iftimie* este inginer principal în cadrul Direcției energiei electrice din M.M.E.E.

în care :

E este modulul de elasticitate ;

$\frac{d\sigma}{E}$ — lungirea specifică elastică ;

αdT — lungirea specifică de dilatare termică, α fiind coeficientul de dilatare termică liniară ;

v_f — viteza de fluaj ;

$v_f dt$ — lungirea specifică continuă sau fluajul.

Pentru studii speciale se utilizează două metode de încercare la fluaj a materialelor, și anume :

a) metoda de autostabilizare termică la care se mențin constante efortul unitar și lungimea epruvetei, înregistrîndu-se în timp temperatura, care variază astfel încît să asigure o contracție termică αdT, care să compenseze lungirea de fluaj ;

b) metoda de relaxare, care constă în : înregistrarea, în timp, a micșorării efortului unitar σ aplicat unei epruvete, la temperatură constantă, astfel încît lungimea ei să rămînă tot timpul aceeași.

Lungimea epruvetei rămîne invariabilă la temperatura constantă, deoarece lungirea datorită fluajului este compensată în fiecare moment de micșorarea lungirii elastice provocată de reducerea sarcinii. Conform enunțului $dT = 0$, $dl = 0$, ecuația generală de fluaj devine :

$$\frac{d\sigma}{E} + v_f\,dt = 0\,;$$

$$v_f = -\frac{1}{E}\,\frac{d\sigma}{dt}.$$

Forma curbei este dată în figura 1.

Rezultatele acestei încercări sînt folosite la calculul șuruburilor de strîngere cu piuliță, încălzite după strîngere. Datorită relaxării se produce o slăbire treptată a îmbinărilor între piesele asamblate elastic, lucrînd la cald. Așa cum s-a mai arătat, etanșeitatea flanșelor la conducte de abur, care funcționează la temperaturi ridicate, slăbește cu timpul, în urma relaxării șuruburilor, și deci apar scăpări de abur.

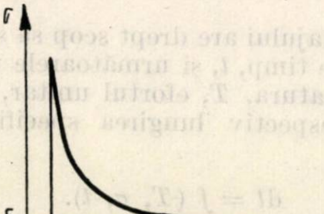


Fig. 1.

Cea mai simplă încercare este studiul experimental al deformației izoterme a unei epruvete sub o sarcină constantă în timp.

Conform enunțului metodei, $d\sigma = 0$ și $dT = 0$, și deci ecuația generală devine :

$$\frac{dl}{l_0} = v_f\,dt\,; \quad v_f = \frac{1}{l_0}\cdot\frac{dl}{dt}.$$

Pentru eforturi unitare și temperaturi relativ mici, de exemplu pentru oțel la temperaturi de ordinul 400—500°C și eforturi unitare de 800-1500 kgf/cm², curba de deformație izotermă are forma din figura 2.

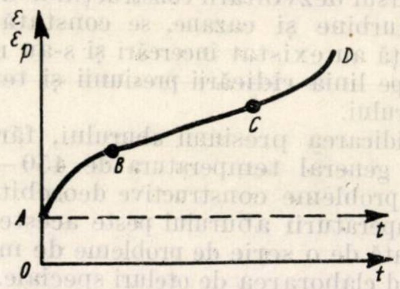


Fig. 2.

Încărcînd epruveta încălzită, deformațiile cresc de la zero la o anumită valoare, reprezentată în diagramă prin segmentul OA. Dacă efortul unitar nu depășește limita de proporționalitate, această deformație este elastică. În caz contrar, ea se compune dintr-o deformație elastică și una plastică (remanentă).

După încetarea măririi sarcinii, deformația totală a epruvetei încălzite continuă să crească în timp, după legea reprezentată prin curba $ABCD$. Ordonatele acestei curbe, funcție de timp, reprezintă valorile lungirilor specifice ε, pentru momentul considerat. Ele sînt formate din deformația imediată ce apare la încărcare și deformația plastică, efect al fenomenului de fluaj.

Uneori se reprezintă grafic numai variația deformației plastice ε_p în funcție de timp. În acest caz, axa absciselor are poziția reprezentată în figura 2 prin linia întreruptă.

Tangenta trigonometrică a unghiului de înclinare al tangentei geometrice la curba $ABCD$, într-un punct oarecare, reprezintă, la scară, viteza de deformație într-un anumit moment :

$$v_f = \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

Dimensiunea vitezei de fluaj este 1/zi, 1/h, 1/min, funcție de unitatea de măsură aleasă pentru timp (zi, oră, minut).

După cum se vede din figura 2, procesul de deformație izotermă sub sarcină constantă poate fi împărțit în trei stadii. În stadiul AB, viteza de deformație scade treptat, în stadiul

BC procesul de fluaj se desfăşoară cu viteză constantă, iar în stadiul *CD* viteza creşte în momentul cînd pe epruvetă apare o gîtuire (punctul *C*).

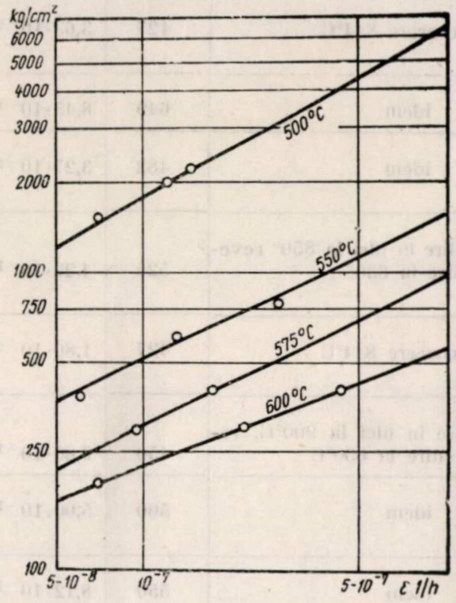


Fig. 3.

Viteza de deformaţie din stadiul al doilea depinde de efortul unitar şi de temperatură. Exprimarea analitică a vitezei de fluaj ca funcţie de efortul unitar este destul de anevoioasă şi depinde de mulţi coeficienţi.

Experienţele au confirmat mai bine următoarele legi de exprimare a vitezei de fluaj în stadiul al doilea :

— legea exponenţială :

$$v_f = K\sigma^n ; \qquad (1)$$

— legea sinusului hiperbolic :

$$v_f = c \operatorname{sh} \frac{\sigma}{d} . \qquad (2)$$

În figurile 3 şi 4 sînt date în coordonate logaritmice diagramele reprezentînd efortul unitar în funcţie de viteza constantă de fluaj în al doilea stadiu al deformaţiei izoterme, diagrame obţinute la încercările a două feluri de oţel, la temperaturi diferite. Punctele încercuite reprezintă rezultatele experienţelor.

După cum rezultă din aceste diagrame, se poate presupune, cu aproximaţie suficientă, că există o relaţie liniară între logaritmul vitezei constante de fluaj v_f şi logaritmul efortului unitar σ.

Această ipoteză duce la relaţia (1). Folosirea acestei relaţii în calcule nu provoacă nici un fel de dificultăţi. Relaţia (2) este confirmată de datele experimentale mai bine decît relaţia (1), însă folosirea ei în calcule este mai dificilă, iar valorile numerice ale coeficienţilor *c* şi *d* sînt mai puţin studiate decît ale coeficienţilor *K* şi *n*.

În tabela 1 sînt indicate valorile coeficienţilor *K* şi *n* pentru unele materiale la anumite temperaturi, obţinute experimental.

În figura 5 sînt reprezentate curbele de deformaţie izotermă obţinute prin încercarea epruvetelor la temperatură constantă şi eforturi unitare diferite, iar în figura 6 sînt arătate curbele obţinute prin încercări la efort unitar constant şi temperaturi diferite.

Experienţele au arătat că în decursul încercării de fluaj al epruvetelor, întrerupînd încălzirea epruvetei fără a înlătura sarcina suportată de epruvetă şi apoi încălzind din nou epruveta, această întrerupere practic nu influenţează curba de fluaj.

Dacă în decursul încercării de fluaj la un moment dat t_1, corespunzător punctului *B* de pe curba de fluaj *AB* (fig. 7), epruveta este descărcată, fără a se modifica temperatura, atunci micşorarea deformaţiei (porţiunea *BC*) este egală cu deformaţia elastică $\frac{\sigma}{E}$ (în baza legii lui Hooke).

Cu timpul se observă şi o oarecare scădere a deformaţiei plastice (remanente) (curba *CD*). Acest fenomen se numeşte deformaţie izotermă inversă.

Trecînd la fenomenul de relaxare, se va numi relaxare simplă fenomenul de relaxare la deformaţie constantă.

Se presupune că epruveta este întinsă cu o forţă care a produs un efort unitar mai mic decît limita de proporţionalitate a materialului la temperatura respectivă şi că deformaţia totală rămîne constantă în timp. Deformaţia totală, constantă în timp, este suma deformaţiei elastice ε_e şi a celei plastice ε_p :

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p .$$

Deformaţia plastică ε_p creşte în timp şi ca urmare deformaţia elastică ε_e se micşorează.

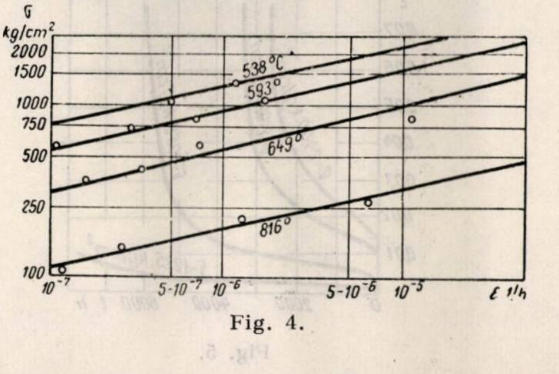


Fig. 4.

În baza legii lui Hooke : $\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E}$. Ţinînd seamă că deformaţia totală nu se schimbă în timp şi este egală cu valoarea iniţială $\varepsilon(0)$, iar în momentul iniţial este valabilă legea lui Hooke

Tabela 1

Principalele caracteristici ale fluajului pentru unele materiale

Materialul	Compoziția chimică, %	Tratamentul termic	Temperatura încercării, °C	K	n
Oțel-carbon	0,15 C ; 0,50 Mn ; 0,23 Si ; 0,032 S ; 0,025 P	recoacere 844°C	427	$3{,}63\cdot 10^{-27}$	6,24
Oțel-carbon	idem	idem	649	$8{,}45\cdot 10^{-12}$	3,03
Oțel-molibden	0,13 C ; 0,49 Mn ; 0,25 Si ; 0,010 S ; 0,011 P ; 0,52 Mo	idem	482	$3{,}27\cdot 10^{-23}$	5,28
Oțel-crom-molibden	0,37 C ; 0,38 Mn ; 0,16 Si ; 0,011 S ; 0,018 P ; 0,82 Mo ; 1,05 Cr ; 0,17 Ni	călire în ulei la 850° revenire la 630°	525	$4{,}29\cdot 10^{-12}$	1,85
Oțel-crom-molibden	0,48 C ; 0,49 Mn ; 0,62 Si ; 0,015 S ; 0,16 P ; 0,52 Mo ; 1,20 Cr	recoacere 844°C	427	$1{,}80\cdot 10^{-27}$	6,33
Oțel-crom-molibden și vanadiu EI 10	0,28 C ; 0,58 Mn ; 0,24 Si ; 1,55 Cr ; 0,38 Mo ; 0,16 Va ; 0,12 Ni	călire în ulei la 900°C, revenire la 650°C	450	$9{,}86\cdot 10^{-18}$	2,99
Oțel-crom-molibden și vanadiu EI 10	idem	idem	500	$5{,}00.10^{-13}$	1,83
Oțel-crom-molibden și vanadiu EI 10	idem	idem	550	$8{,}12\cdot 10^{-13}$	2,06
Oțel-crom-mangan-vanadiu SHMV18	0,46 C ; 14,9 Mn ; 1,15 Si ; 13,9 Cr ; 2,25 W ; 0,042 P	călire de la 1 100°C, răcire în aer.	600	$1{,}59\cdot 10^{-35}$	9,15
Oțel-crom-vanadiu-mangan SHMV 19	0,16 C ; 15,2 Mn ; 1,20 Si ; 14,7 Cr ; 2,43 W ; 0,043 P	idem	600	$2{,}21\cdot 10^{-34}$	9,15

$$\varepsilon = \varepsilon(0) = \frac{\sigma(0)}{E},$$

în care $\sigma(0)$ este efortul unitar în momentul inițial, se obține :

$$\frac{\sigma(0)}{E} = \frac{\sigma}{E} + \varepsilon_p . \qquad (3)$$

Din expresia (3) rezultă că efortul unitar scade continuu din cauza creșterii deformației plastice

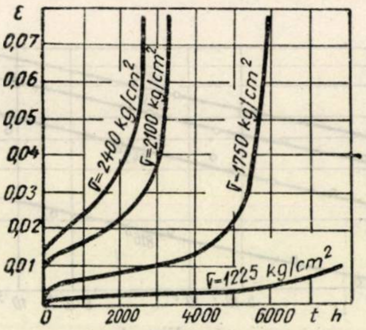


Fig. 5.

și devine zero cînd deformația plastică a atins valoarea deformației produsă la încărcare, $\varepsilon(0)$.

Teoriile existente despre fluaj pot fi împărțite astfel : 1) teoria întăririi ; 2) teoria îmbătrînirii ; 3) teoria influențelor antecedente a lui I. N. Rabotnov.

Conform teoriei întăririi, se presupune că la o temperatură anumită, între deformația plastică, viteza de fluaj și efortul unitar există o relație permanentă :

$$\Phi(\varepsilon_p, v_f, \sigma) = 0. \qquad (4)$$

Teoria îmbătrînirii este reprezentată prin două variante, și anume : prima presupune că între viteza de fluaj, efortul unitar și timp există, la o temperatură dată, relația permanentă :

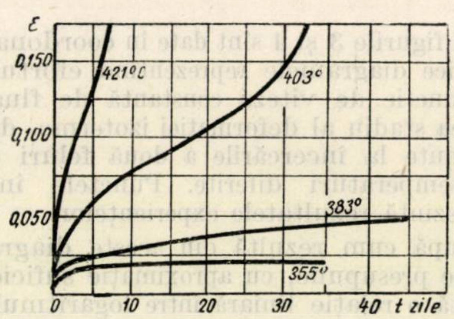


Fig. 6.

$$\Phi_1(v_f, \sigma, t) = 0, \qquad (5)$$

iar a doua variantă presupune că între deformația plastică, efortul unitar și timp există, la o temperatură dată, relația permanentă :

$$\Phi_2\,(\varepsilon_p,\ \sigma,\ t) = 0. \qquad (6)$$

În prima enunțare (5), teoria îmbătrînirii se numește uneori teoria curgerii. L. M. Kaceanov a propus următoarea relație între viteza de fluaj, efortul unitar și timp :

$$v_t = \sigma^n\, B(t), \qquad (7)$$

în care $B(t)$ este o funcție de timp, determinată pe baza rezultatelor experiențelor. Pe baza ei s-au elaborat metode aproximative de calcul.

De asemenea s-a propus a se exprima deformația plastică în funcție de efortul unitar și de timp, astfel :

$$\varepsilon_p = \sigma^n\,\Omega(t),\ \text{în care}\ \Omega\,(t) = \int_0^t B\,(t)\,\mathrm{d}t. \qquad (8)$$

După [4] și [5] s-a preconizat teoria îmbătrînirii, conform formulei (6), sub forma :

$$\varepsilon_p = \psi\sigma, \qquad (9)$$

în care ψ este o funcție de efortul unitar și timp.

Se redă sumar teoria îmbătrînirii a lui Beleaev, deoarece ea permite efectuarea unor calcule mai simple și cu aplicații practice.

Pentru funcția ψ s-a preconizat expresia :

$$\psi = K\int_0^t \sigma^{n-1}\,\mathrm{d}t. \qquad (10)$$

Ținînd seamă că pentru deformația izotermă și σ=const., se obține din formulele (7) și (9) ecuația curbelor de deformație izotermă :

$$\varepsilon_p = K\,\sigma^n\,t. \qquad (11)$$

Alegînd funcția ψ sub forma (10), se obține o relație liniară pentru deformația plastică funcție de timp. În consecință, alegerea funcției ψ sub forma (10) este echivalentă cu aproximarea curbei de deformație izotermă, prin dreapta *AK* (fig. 8).

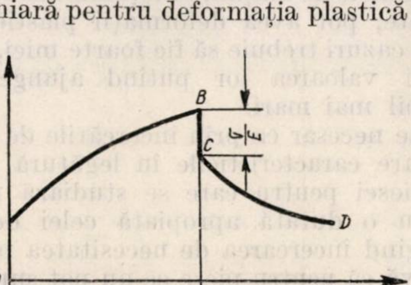


Fig. 7.

Această ipoteză nu poate fi considerată ca reușită, deoarece ea denaturează mult curba de fluaj stabilită experimental , în special în primul stadiu al curbei.

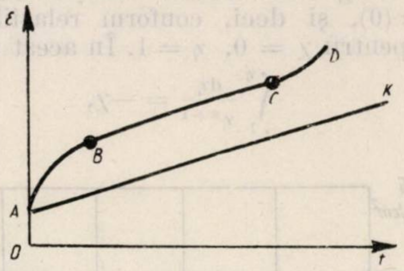


Fig. 8.

În acest scop, conform [5], se recomandă folosirea următoarei expresii pentru ψ, care dă rezultate mai apropiate față de curba experimentală :

$$\psi = \int_0^t \sigma^{n-1}\,B\,(t)\,\mathrm{d}t. \qquad (12)$$

Ecuația curbei de deformație izotermă sub sarcină constantă se obține integrînd ecuația (7) pentru σ = const. Ținînd seamă că, pentru $t = 0$, $v_f = 0$, se obține :

$$v_f = \sigma^n\,\Omega\,(t), \qquad (13)$$

în care :

$$\Omega\,(t) = \int_0^t B\,(t)\,\mathrm{d}t, \qquad (14)$$

și deci :

$$B\,(t) = \frac{\mathrm{d}\Omega\,(t)}{\mathrm{d}t}. \qquad (15)$$

Din relațiile (7) și (12) se poate stabili ecuația curbelor de relaxare simplă. Conform relațiilor (3) și (7), se obține :

$$\frac{\sigma\,(0)}{E} = \frac{\sigma}{E} + \psi\sigma,$$

sau

$$\frac{1}{E}\cdot\frac{\sigma\,(0)}{\sigma} = \frac{1}{E} + \psi.$$

Derivînd ultima relație în raport cu timpul și ținînd seamă de formula (12)

$$\frac{\mathrm{d}\psi}{\mathrm{d}t} = \sigma^{n-1}\,B\,(t),$$

rezultă :

$$-\,\sigma\,(0)\,\frac{\mathrm{d}\sigma}{\sigma^{n+1}} = E\,B\,(t)\,\mathrm{d}t. \qquad (16)$$

Această ultimă expresie poate fi simplificată introducînd următoarele mărimi adimensionale :

$$\eta = \frac{\sigma}{\sigma\,(0)}\quad \chi = E\,\sigma^{n-1}(0)\,\Omega(t), \qquad (17)$$

În acest caz, ecuația (16) devine :

$$\frac{d\eta}{\eta^{n+1}} = -d\chi.$$

Se integrează această ecuație. Pentru $t = 0$, $\sigma = \sigma(0)$, și deci, conform relațiilor (14) și (17), pentru $\chi = 0$, $\eta = 1$. În acest caz :

$$\int_1^\eta \frac{d\eta}{\eta^{n+1}} = -\chi,$$

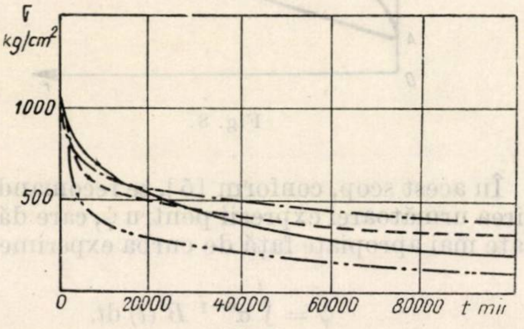


Fig. 9.

de unde se obține ecuația curbelor de relaxare simplă, în coordonate adimensionale χ, η :

$$\eta = (1 + n\chi)^{-\frac{1}{n}}. \qquad (18)$$

Curbele de relaxare construite în baza diferitelor teorii de îmbătrînire se pot compara cu rezultatele cercetărilor experimentale.

În figura 9 sînt reprezentate curbele obținute experimental pentru relaxare simplă (linie continuă) și cele construite în baza teoriei îmbătrînirii a lui N. M. Beleaev, cu modificarea expresiei lui ψ, conform formulei (12) (linie întreruptă), în baza teorii îmbătrînirii după relația (8) (linie întreruptă cu cîte un punct) și după teoria îmbătrînirii a lui L. M. Kaceanov conform formulei (7).

Aceste curbe sînt date pentru oțel-crom-molibden la temperatura de 525°C și efortul unitar inițial $\sigma(0) = 1460$ kgf/cm². Oțelul a avut următoarea compoziție chimică : 0,37% C, 0,16% Si, 0,38% Mn, 1,05% Cr, 0,82% Mo, 0,17% Ni, 0,08% Cu, 0,011% S, 0,018% P. Tratamentul termic efectuat a constat în : călire în ulei la 850°C, revenire la 630°C, urmată de răcire în aer.

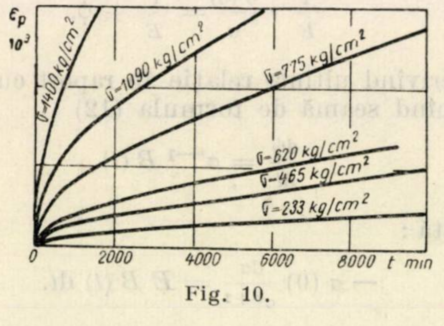


Fig. 10.

În figura 10 se dau curbele de deformație izotermă pentru oțel-crom-molibden la temperatura de 525°C, iar în figura 11 se dă reprezentarea grafică a funcției $\Omega(t)$ pentru oțel-crom-molibden la temperatura de 525°C, reprezentare grafică făcută pe baza determinărilor experimentale.

În ecuațiile considerate mai sus pentru diferitele variante ale teorii îmbătrînirii, timpul apare în mod explicit, așa că ele nu sînt invariante la schimbarea originii timpului. Acesta este dezavantajul principal al teorii îmbătrînirii și el a fost arătat pentru prima dată de I. N. Rabotnov, care a propus de altfel și teoria influențelor antecedente — o generalizare a teoriei care descrie relația între deformația în momentul respectiv și deformația precedentă a materialului (uneori se numește teoria eredității).

Conform aceste teorii, relația între efortul unitar, deformație și timp se scrie sub forma unei ecuații integrale.

Deoarece în practică apare necesitatea rezolvării unor probleme tehnice prin metode cît mai simple, se recomandă să se folosească în calcule teoria îmbătrînirii a lui N. M. Beleaev cu modificarea funcției ψ, conform formulei (12).

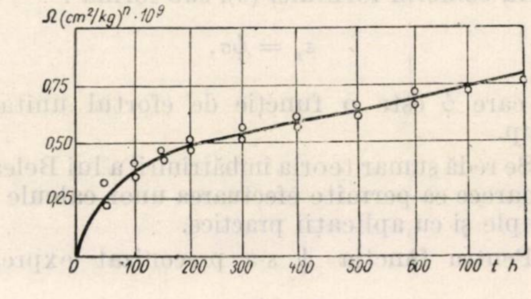


Fig. 11.

2. Limita convențională de fluaj și viteza convențională de fluaj

Organele de mașini, funcționînd la temperaturi ridicate, pot avea deformații plastice, care în unele cazuri trebuie să fie foarte mici, iar în alte cazuri valoarea lor putînd ajunge la valori sensibil mai mari.

Este necesar ca prin încercările de fluaj să se măsoare caracteristicile în legătură cu specificul piesei pentru care se studiază materialul, pentru o durată apropiată celei de serviciu.

Legînd încercarea de necesitatea practică, se observă că pentru piese ce nu pot suporta decît deformații mici încercarea prezintă interes numai pentru zona *AB* a curbei clasice de fluaj.

În cazul pieselor ce pot suporta deformații mai mari, este necesar să se cunoască durata pînă la ruperea prin fluaj.

Cele arătate duc la două tipuri de încercări, și anume : încercări de fluaj de scurtă durată și încercări de fluaj de lungă durată, pînă la rupere.

Încercarea de fluaj de scurtă durată este urmărită timp de circa 40—45 ore, astfel ca să se poată determina viteza de fluaj între a 25-a și a 35-a oră.

Încercările de acest fel ne dau posibilitatea să stabilim limita convențională de fluaj, adică tensiunea care, între a 25-a și a 35-a oră de încercare, dă o viteză de fluaj, de exemplu, de 0,005 % pe oră ($v_f = 5 \cdot 10^{-4}$ %/h) sau o anumită deformație permanentă.

Limita convențională de fluaj poate fi definită ca acea tensiune constantă care dă o anumită deformație totală (stabilită convențional) pentru un timp dat.

Viteza convențională de fluaj este o lungire specifică pe oră, de exemplu : 1×10^{-7} mm/mm.h, ea putînd fi exprimată și în procente la sută pe oră, adică pentru exemplul dat : 1×10^{-5} %/h.

În legătură cu deformația pentru o durată dată, această deformație poate fi, de exemplu, de 0,10 % sau 0,01 % pentru o durată de 1000 ore, sau, cu altă exprimare, de 1 % pentru 10 000 ore și respectiv 1 % pentru 100 000 ore.

Astfel, vitezei de fluaj de 1×10^{-6} mm/mm. h, sau 1×10^{-4} %h îi corespunde o viteză de fluaj de 0,1 % pentru 1 000 ore, iar deformația este de 1 % pentru 10 000 ore.

Efortul unitar (tensiunea) cel mai mic, pentru care se atinge una dintre cele două limite convenționale indicate, reprezintă limita de fluaj.

Verificarea unui material numai cu încercarea de scurtă durată nu este totdeauna concludentă, existînd cazuri de rupturi intercristaline care se produc fără deformații importante, într-un timp foarte lung.

Studiul fenomenului de fluaj s-a arătat destul de complex pentru a se putea bizui numai pe încercări de scurtă durată.

În ultimii ani, încercările de scurtă durată, care au fost considerate inițial ca admisibile, s-au dovedit ca insuficiente și în multe cazuri chiar neadecvate.

În prezent se execută încercări de lungă durată la 1000 ore și 10 000 ore, în unele cazuri duratele fiind și mai mari.

Limitele de fluaj date pentru 100 000 ore sînt obținute prin extrapolarea curbelor de fluaj stabilite la 1 000 și 10 000 ore.

În tehnica modernă, cea mai mare utilizare o au de obicei următoarele două curbe :

— curba de variație a tensiunii în funcție de timp ;

— curba de variație a lungirii specifice remanente în funcție de timp.

Pentru piese de turbine cu abur și cazane de abur se dau următoarele cifre de viteze admisibile de fluaj :

— rotoare de turbine	10^{-9} %/h
— bride, buloane, corp-turbină	10^{-8} %/h
— conducte de aburi și conducte fierbătoare	10^{-7} %/h
— conducte de supraîncălzitoare	10^{-6} %/h

2.1. *Influența unor factori asupra fluajului*

2.1.1. La unele încercări se constată un fenomen foarte grav prin consecințele sale practice, și anume că la temperaturi ridicate, o sarcină redusă produce totuși ruptura după o lungire de valoare foarte redusă.

Analizînd această ruptură, se constată că ea are loc între cristale și este denumită ruptură intercristalină.

Rupturile la temperaturi joase și în special după lungiri mari au loc prin corpul cristalelor, fiind rupturi transcristaline.

Deoarece rupturile intercristaline nu sînt precedate de deformații plastice mari, preîntîmpinarea lor, practic, nu se poate face.

Pentru a se studia proprietățile unui material, respectiv fluajul acestuia, trebuie studiat, pe de o parte, fluajul cristalelor și, pe de altă parte, fluajul îmbinărilor între cristale.

Teoria și rezultatul încercărilor arată, conform [1], că rezistența mecanică atît a cristalelor cît și a îmbinărilor scade cu temperatura. În figura 12 se dă alura curbelor de variație a rezistenței mecanice a corpului cristalelor și a îmbinărilor cu temperatura.

Temperatura la care se întretaie aceste două curbe este numită temperatură de echicoeziune sau de recristalizare.

S-a constatat că mărimea cristalelor are o influență însemnată asupra deformațiilor de fluaj. Cu cît cristalele sînt mai mici, cu atît zona îmbinărilor în raport cu volumul cristalelor se mărește și, în consecință, îmbinările cristalelor joacă un rol mai important.

Pe baza experiențelor efectuate a rezultat că vitezele de fluaj scad atunci cînd numărul cristalelor pe mm² scade.

Astfel, la un oțel care are 290 de cristale pe mm², viteza de fluaj la o tensiune de 9 kg/mm² este 57×10^{-4} %/h și scade la 3×10^{-4} %/h cînd numărul de cristale pe mm² a scăzut la 1—2.

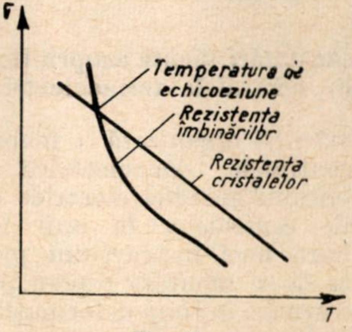


Fig. 12.

Rezultatele s-au obținut prin încercări de scurtă durată, prin măsurarea vitezelor de fluaj între a 25-a și a 35-a oră de încercare.

Referitor la structură este formulată legea : peste temperatura de echicoeziune, rezistența la fluaj este cu atît mai ridicată cu cît grăunții (cristalele) sînt mai mari.

Sub această temperatură sînt mai rezistente oţelurile cu grăunţi mai mici.

2.1.2. Influenţa tratamentelor termice. Tratamentele termice trebuie să confere aliajului o stabilitate de structură pe cît posibil mai completă, evitînd orice modificare a structurii în serviciu.

La oţelurile feritice şi austenitice există o tendinţă de a se ridica temperatura de călire, cu scopul de a se obţine o mărire a cristalelor favorabilă ameliorării rezistenţei de fluaj. O dată cu aceasta se obţine şi o micşorare a lungirii de rupere la cald.

Aceste căliri sînt urmate de reveniri sau îmbătrîniri mai mult sau mai puţin lungi ca durată, funcţie de compoziţia aliajului şi al căror efect este să mărească tenacitatea locală.

2.1.3. Influenţa crestăturilor este foarte diferită, variind după condiţiile în care este preponderentă influenţa deformaţiilor transcristaline sau a celor intercristaline.

În cazul deformaţiilor transcristaline, fluajul tinde să deformeze fundul crestăturii, diminuînd astfel concentraţia tensiunilor de aici ; astfel, influenţa crestăturii dispare încetul cu încetul. Dacă însă fluajul transcristalin este împiedicat, crestăturile devin periculoase.

2.1.4. Rezistenţa la oboseală a unui metal sau aliaj trebuie luată în considerare atît la temperatura ambiantă cît şi la temperaturi ridicate.

Pentru paletele de turbină este necesar să se cunoască comportarea la fluaj, concomitent cu fenomenul de oboseală.

Experimentările în acest sens sînt foarte complicate şi din această cauză, pînă în prezent, s-au făcut puţine încercări.

Suprapunerea efectelor la care este supusă paleta, produse de sarcina constantă datorită forţei centrifuge, precum şi încovoierilor alternative produse de jetul de abur, trebuie studiată separat, deoarece combinaţiile eforturilor pot fi foarte complexe.

3. Unele constatări făcute asupra fluajului conductelor din centralele termoelectrice

3.1. Urmărirea organizată a fenomenului de fluaj la centralele termoelectrice din cadrul Departamentului energiei electrice a intrat în preocupările centralelor în anii 1957—1958, cînd, pe baza unei instrucţiuni privind fluajul, trebuia să se monteze repere pe conducte pentru a se urmări în timp deformaţiile continue ale conductelor.

Aceste repere au fost montate pe conducte de abur funcţionînd la temperaturi superioare celei de 450°C.

Măsurătorile efectuate pînă în prezent nu au scos în evidenţă creşterea diametrelor acestor conducte din cauza imperfecţiunii metodelor de urmărire, ceea ce a făcut ca interesul pentru urmărirea acestui fenomen să scadă.

3.2. Literatura tehnică indică unele cazuri întîmplate în S.U.A. cînd, datorită apariţiei de deformaţii permanente în apropiere de ultima parte a stadiului al doilea al curbei de fluaj, a fost necesar să se schimbe la un număr de şase centrale termoelectrice cu parametri înalţi conductele de abur de înaltă presiune, din care la trei centrale — integral, iar la trei centrale — parţial.

De asemenea se citează faptul că la unele cazane şi turbine este necesar uneori ca, din cauza fenomenului de fluaj, să se înlocuiască parţial sau integral unele părţi ale agregatului înainte ca acesta să fi ajuns în totalitate la limita fizică de exploatare.

3.3. În cadrul Departamentului energiei electrice există la CET Grozăveşti două cazane de abur tip Löffler cu o durată mare de funcţionare şi avînd următorii parametri :

$$D_n = 170 \text{ t/h}, \; p = 130 \text{ ata}, \; t = 500°\text{C}.$$

Aceste cazane au avut pînă în luna mai 1962 circa 107 000 ore de funcţionare.

Conductele de abur de înaltă presiune, funcţionînd la temperatura de 500°C, sînt din oţel aliat crom-molibden marca Löff, cu următoarea compoziţie chimică : C = 0,22 %, Si = 0,24 %, P = 0,02 %, S = 0,01 %, Mn = 0,58 %, Cr = 0,31 %, Mo = 0,6 %, Ni = 0,15 %.

Calculele de verificare efectuate au scos în evidenţă că acest oţel a fost corect ales.

3.3.1. În anii 1960—1962 au apărut, după circa 95 000 ore de funcţionare, spargeri frecvente la supraîncălzitorul secundar al cazanului şi în special la partea finală care funcţionează la temperatura de 500°C. Majoritatea ţevilor sparte prezentau deformaţii permanente vizibile, iar altele, deşi nesparte, aveau în mod vizibil diametrul mărit. Aceste ţevi, fiind în interiorul cazanului şi spălate de gazele arse, aveau temperatura peretelui de circa 540—550°C.

Probele la rece efectuate au scos în evidenţă caracteristici mecanice în general normale, care se încadrau în zonele admisibile din standarde.

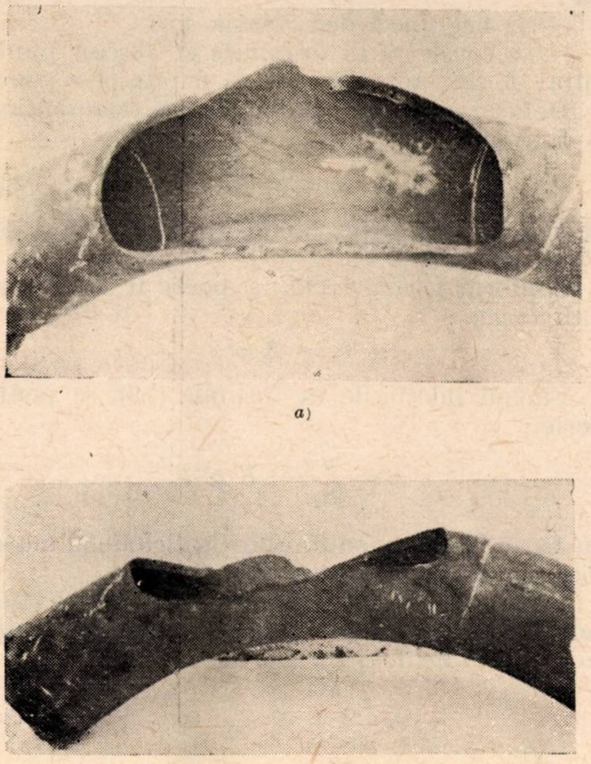
De asemenea, microstructura materialului nu arăta înrăutăţiri evidente faţă de cea în stare nouă.

Proba de fluaj nu a fost făcută, iar măsurarea deformaţiilor permanente nu s-a putut efectua cu precizie, deoarece nu se cunoştea diametrul iniţial al conductei nefluate.

Ţinînd seamă de desele spargeri de ţevi, precum şi de faptul că fenomenul de fluaj era evident, s-a hotărît înlocuirea supraîncălzitorului secundar la un cazan, la reparaţia capitală din anul 1963.

3.3.2. În cursul anului 1962 s-a produs avarierea unei conducte de abur supraîncălzit din oţel-crom-molibden la $t = 500°\text{C}$, $p = 130$ ata, avînd un diametru de 165/134.

În figura 13 se poate observa că la o curbă de 90°, în zona exterioară, s-a produs spargerea conductei și aruncarea unei bucăți din materialul conductei. Ruperea s-a produs aproximativ după fibra neutră a conductei îndoite, fapt explicabil prin aceea că, datorită ovalizării conductei la îndoire, forțele interne produse de presiunea aburului în conductă au solicitat conducta pentru a o aduce la forma circulară inițială.


a)

b)

Fig. 13.

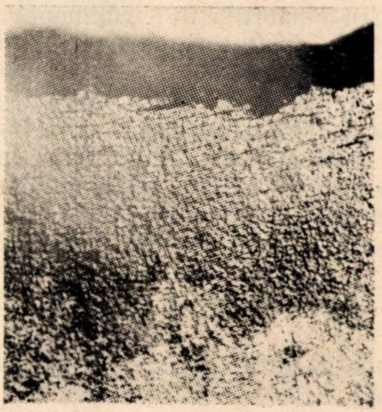


Fig. 14.

Avarierea acestei conducte a ridicat în mod clar problema urmăririi cu toată atenția a fenomenului de fluaj la conductele și organele de mașini funcționînd la temperaturi și presiuni ridicate, în centralele electrice.

Studierea acestei avarii a necesitat probe și analize ample asupra fenomenului de fluaj, care au dus la următoarele rezultate :

—analizele metalografice efectuate asupra materialului conductei din zona avariei au arătat o globulizare înaintată a cementitei într-o regiune, care a dus la creșterea vitezei de fluaj ;

— prezența incluziunilor nemetalice filiforme în proporție foarte ridicată în această regiune, ceea ce a micșorat rezistența conductei.

Fenomenul de globulizare a cementitei în condițiile de exploatare este un fenomen normal, iar aglomerările de incluziuni în proporția în care se găsesc în conductă pot fi privite ca un defect de material.

În urma încercărilor mecanice efectuate s-a putut constata o creștere a alungirilor de la 14—16% la materialul în stare nouă la 23—26% la materialul conductei avariate.

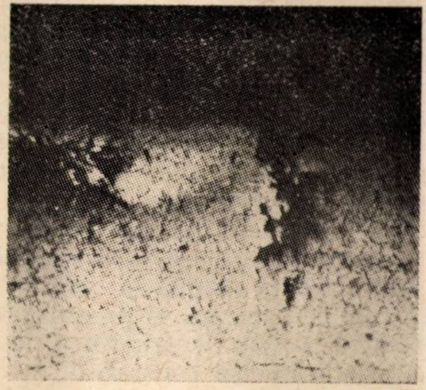


Fig. 15.

Aceasta arată că deformațiile elastice ale materialului sînt mult mai reduse, crescînd deformațiile plastice ca urmare a fenomenului de fluaj.

Față de caracteristicile prescrise pentru oțeluri de compoziții asemănătoare (20 M și Löff), caracteristicile mecanice obținute prezintă în general o micșorare a rezistenței de rupere și o creștere a alungirii.

Rezultatele încercărilor mecanice sînt în concordanță cu rezultatele analizelor metalografice, deoarece globulizarea cementitei duce la o micșorare a rezistenței de rupere a materialului și la o creștere a plasticității sale.

În figura 14 se pot observa striații în vecinătatea zonei de rupere, striații caracteristice pentru un metal supus la fluaj.

În unele locuri, aceste striații se propagă sub formă de fisuri intercristaline în peretele conductei, așa cum se vede în figura 15.

În figura 16 este arătată o micrografie din regiunea rupturii, în care se poate urmări manifestarea fluajului în faza lui finală, prin apariția de fisuri în rosturile îngroșate ale cristalelor.

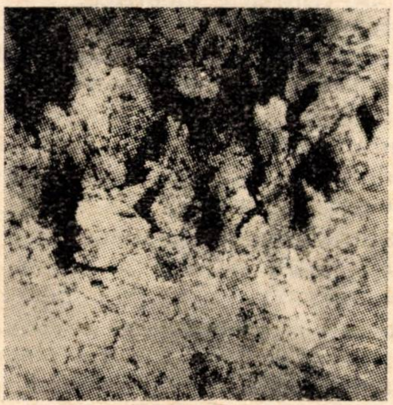


Fig. 16.

4. Metode și exemple de calcul la fluaj

Anterior s-au prezentat formulele și o parte din teoriile fluajului. În prezent se consideră că nici una dintre teoriile existente nu oglindește toate aspectele fenomenului de fluaj. Pînă acum nu s-a făcut o verificare experimentală completă a diferitelor teorii asupra fluajului, lucrările în acest domeniu fiind abia la început.

Literatura tehnică de specialitate arată că, deocamdată, calculul de rezistență la fluaj nu se găsește în stadiul preciziei necesare utilizării lui generalizate în aplicațiile practice.

Formulele de calcul au dat rezultate bune numai în cazuri particulare și în special pentru metale cu structură simplă și perfect stabilă.

4.1. În cele ce urmează se prezintă, conform [3], metoda de calcul pentru fluaj, în condiții izoterme și sub sarcină constantă.

Curba clasică de fluaj din figura 17 arată că, dacă piesa se găsește la o durată în care fluajul are loc cu viteză constantă, deformația (lungirea specifică) totală ε este formată din suma a trei termeni, ε_e — deformația elastică ; ε_{p_1} — deformația permanentă din stadiul fluajului cu viteză descrescătoare ; ε_{p_2} — deformația permanentă din stadiul de fluaj cu viteză constantă, corespunzătoare punctului M, la durata t_f.

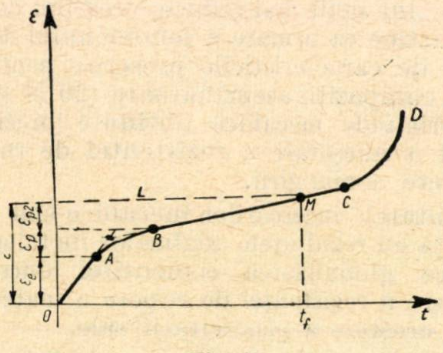


Fig. 17.

Pentru simplificare, curba clasica de fluaj este înlocuită cu linia frîntă *OLC*. În această nouă reprezentare convențională se subînțelege că :

— se neglijează deformația ε_{p_1} ;

— se consideră că ordonata și abscisa punctului L sînt aproximativ ε_e și respectiv zero.

Deformația totală, după această reprezentare a fluajului, este :

$$\varepsilon = \varepsilon_e + v_f\, t_f, \tag{19}$$

în care v_f este viteza constantă de fluaj, sau panta dreptei LM.

Conform formulei (1), v_f poate fi exprimată sub forma :

$$v_f = K\,\sigma^n.$$

Făcînd înlocuirile în formula (19), se poate scrie :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_T} + K\,\sigma^n\, t_f,$$

în care E_T este modulul de elasticitate al materialului la temperatura T.

Dacă se ia în considerare deformația maximă admisibilă ε_a, căreia îi corespunde rezistența admisibilă la fluaj $\sigma_{a\varepsilon}$, se poate scrie :

$$\varepsilon_a = \frac{\sigma_{a\varepsilon}}{E_T} + K\,\sigma_{a\varepsilon}^n \cdot t_f\,,$$

de unde, neglijînd deformația elastică, rezultă condiția de rezistență :

$$\sigma_{ef} \leqslant \sigma_{a\varepsilon} = \left(\frac{\varepsilon_a}{K\,t_f}\right)^{\frac{1}{n}}$$

Valorile lui $\sigma_{a\varepsilon}$ sînt de obicei date o dată cu caracteristicile oțelurilor aliate rezistente la fluaj, indicîndu-se efortul unitar admisibil la fluaj pentru o deformație permanentă de 1—2 % la 100 000 ore de funcționare și sînt notate de obicei cu σ 1 %/100 000, σ 2 %/100 000.

O altă metodă de calcul ia ca bază viteza constantă de fluaj din stadiul al doilea al curbei de fluaj și neglijează deformațiile mici ε_e și ε_{p_1}, considerînd $\varepsilon = \varepsilon_{p_2} = v_f\, t_f$. Condiția de rezistență este ca viteza de fluaj să fie mai mică decît viteza minim admisibilă, adică :

$$v_f = K \cdot \sigma^n \leqslant v_{fa} = \frac{\varepsilon_a}{t_f}.$$

De unde rezultă rezistența și condiția de rezistență :

$$\sigma_{ef} \leqslant \sigma_{a\varepsilon} = \left(\frac{v_{fa}}{K}\right)^{\frac{1}{n}}.$$

În afară de calculele de fluaj arătate, la care efortul unitar este limitat de valorile deformației admisibile ε_a sau ale vitezei de fluaj v_{fa}, ambele date în tabele, sau de condiții constructive, mai este necesar să se calculeze și rezistența admisibilă de curgere la temperatura de funcționare T, adoptînd un coeficient de siguranță $c = 1{,}8$, cu relația :

$$\sigma_{ac} = \frac{\sigma_{cT}}{c},$$

în care σ_{cT} este rezistența de curgere la temperatura T°C.

Pentru acoperire se alege cea mai mică dintre cele trei valori determinate prin calculele arătate.

În prezent s-a propus a se considera drept limită de deformare continuă convențională acea limită la care tensiunea în metal produce în 100 000 ore de funcționare o alungire a lui cu circa 1 % în al doilea stadiu de deformare continuă a curbei de fluaj. Această limită poate fi depășită în cazuri izolate cînd efectele deformației continue nu au consecințe în funcționarea mașinilor sau a instalațiilor.

4.2. Ca exemplu de relaxare a eforturilor unitare în organe de mașini, se va examina calculul șuruburilor de la îmbinarea cu flanșe a unei conducte de abur, lucrînd la presiunea de 100 kgf/cm² și la temperatura de 500°C, parametri existenți la centralele din R.P.R. Diametrul interior al conductei este $D_0 = 150$ mm, iar diametrul interior al garniturii $D_1 = 167$ mm.

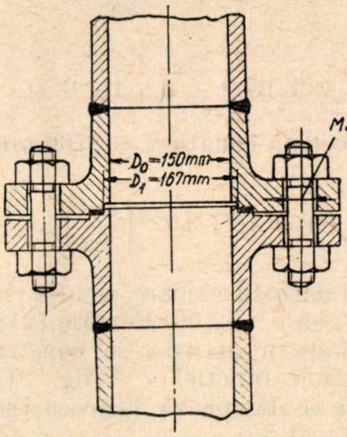


Fig. 18.

Flanșele sînt rigide, sudate cap la cap de țeavă, după cum se poate vedea în figura 18.

Numărul de șuruburi este $z = 12$ (filet M 30), iar materialul este oțel-crom-molibden-vanadiu marca EI 10, adică același ca la buloanele părții de înaltă presiune de la turbinele VK 25—50.

În figurile 19—20 sînt redate curbele de deformație izotermă pentru oțel EI 10 la temperatura de 500°C.

Cu ajutorul acestor curbe s-a calculat exponentul n din ecuația (11) : $n = 1{,}83$ și s-a construit diagrama funcției $\Omega(t)$ (fig. 20).

De obicei, șuruburile îmbinărilor cu flanșe se strîng din nou cel mai devreme o dată pe an și în multe cazuri o dată la 2—3 ani, cu ocazia reparațiilor.

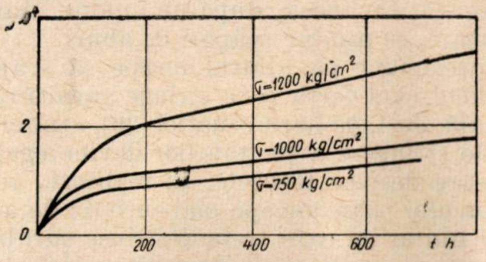


Fig. 19.

Se va calcula cu ce efort unitar trebuie strînse șuruburile la începutul exploatării conductei de abur, pentru ca etanșeitatea îmbinării să fie asigurată pe timp de un an.

Se neglijează deformația flanșelor (considerate suficient de rigide) și nu se ține seamă de fluajul garniturii metalice, care este de fapt foarte mic în raport cu fluajul șuruburilor, ținînd seamă de dimensiunile sale reduse. Aceste ipoteze permit să se considere că deformația șuruburilor este constantă în timpul exploatării (cazul relaxării simple).

Deși temperatura șuruburilor în exploatare este cu 10—20°C mai mică decît a aburului, în lipsa curbelor relaxării simple a oțelului EI 10 pentru temperaturi de 480—490°C, se admite acoperitor că temperatura șuruburilor este aceeași cu temperatura aburului, adică de 500°C.

Pentru a se asigura etanșeitatea îmbinării în timpul exploatării, garnitura trebuie să fie strînsă cu o anumită forță P_g. Se notează cu P forța care caută să depărteze flanșele și cu P_s forța de strîngere a șuruburilor.

Este evident că :

$$P = p \cdot \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \quad P_s = \sigma \cdot A_1 Z,$$

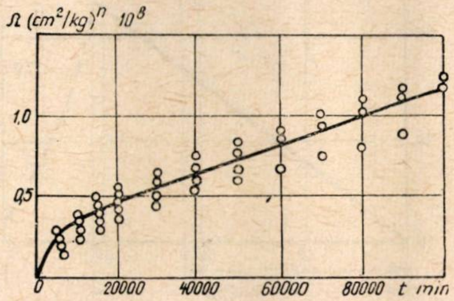


Fig. 20.

în care :

σ este efortul unitar în șurub ;

A_1 — aria secțiunii șurubului, măsurată la diametrul interior.

Din condiția de echilibru :

$$P_s = P + P_g \,. \qquad (20)$$

rezultă că, efortul unitar în secțiunea șurubului scăzînd, cu timpul etanșeitatea îmbinării se micșorează. De aceea, după un anumit timp de exploatare, se produc scăpări de abur.

Se presupune că aburul începe să scape în momentul cînd forța care strînge garnitura devine nulă, deci, pe baza ecuației (20), atunci cînd forța de strîngere a șuruburilor devine egală cu forța care desface flanșele. În realitate, scăparea aburului poate începe mai curînd ; de aceea, efortul unitar cu care trebuie strînse șuruburile la începutul exploatării (stabilit prin calculul ce va urma) trebuie să fie întrucîtva mărit.

Egalînd $P = P_s$, rezultă că :

$$\sigma = \frac{p \cdot \pi \cdot D_1^2}{4 \cdot A_1 Z} \,.$$

Înlocuind în această formulă valorile numerice și ținînd seamă că $A_1 = 4{,}96$ cm², se obține $\sigma = 368$ kgf/cm².

Se va calcula valoarea efortului unitar inițial $\sigma(0)$ pentru ca după un an (8760 ore) de funcționare el să devină 368 kgf/cm². Pentru aceasta se folosește ecuația relaxării simple (18), conform teoriei modificate a lui N. M. Beleaev:

Ținînd seamă de ecuația (17), se obține ușor din ecuația (18) :

$$\nu^n - a\nu^{n-1} - 1 = 0,$$

sau

$$\nu^{n-1} = \frac{1}{\nu - a}, \qquad (21)$$

în care

$$\nu = \frac{1}{\eta} = \frac{\sigma\,(0)}{\sigma}\,; \quad a = n \cdot E \cdot \sigma^{n-1} \cdot \Omega\,(t). \qquad (22)$$

Pentru rezolvarea ecuației (21) trebuie să se cunoască valoarea numerică a lui a, deci valoarea funcției $\Omega(t)$ pentru $t = 8760$ ore. Diagrama funcției $\Omega(t)$ s-a obținut cu ajutorul curbelor de deformație izotermă pînă la $t = 800$ ore.

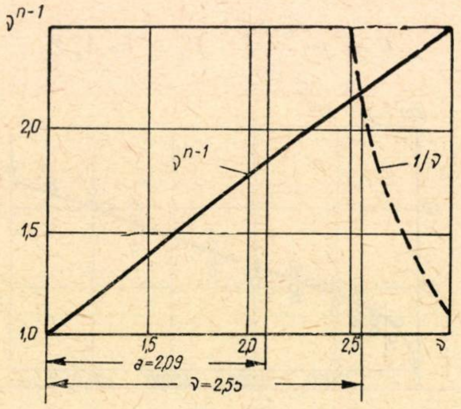


Fig. 21.

Din diagrama funcției $\Omega(t)$ rezultă că pentru $t > 200$ ore, exista o relație liniară între $\Omega\,(t)$ și (t). Ținînd seamă că, pentru $t = 200$, $\Omega(t) = 0{,}485.10^{-9}\,(\text{cm}^2/\text{kgf})^n$, iar pentru $t = 700$ ore $\Omega\,(t) = 0{,}735.10^{-9}\,(\text{cm}^2/\text{kgf})^n$, rezultă următoarea ecuație a funcției $\Omega(t)$ pentru $t \geqslant 200$ ore :

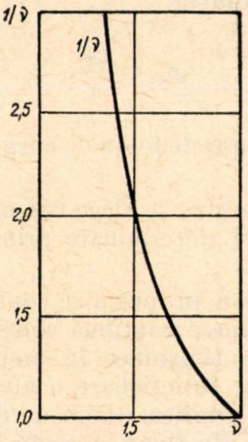


Fig. 22.

$$\Omega\,(t) = 0{,}485.10^{-9} + \frac{0{,}735 \cdot 10^{-9} - 0{,}485 \cdot 10^{-9}}{500}\,(t - 200),$$

sau

$$\Omega\,(t) = 0{,}485 \cdot 10^{-9} + 0{,}5 \cdot 10^{-12}\ (t - 200).$$

Punînd în această ecuație $t = 8760$ ore (un an), se obține :

$$\Omega\,(t) = 4{,}77 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{kgf}}\right)^n .$$

Cunoscînd această valoare, se află cu ajutorul formulei (21) că $a = 2{,}09$. Ecuația (21) se rezolvă grafic. Pentru aceasta se construiește pe hîrtie diagrama funcției ν^{n-1} (fig. 21), iar pe hîrtie de calc se desenează, la aceeași scară, diagrama funcției $\frac{1}{\nu}$ (hiperbolă echilateră) (fig. 22).

Se așază hîrtia de calc peste hîrtia milimetrică, așa cum este arătat punctat în figura 21. Axa ordonatelor de pe hîrtia de calc trebuie să coincidă cu linia verticală, a cărei ecuație în coordonatele din figura 21 este $\nu = a$.

Rădăcina ecuației (21) este abscisa punctului de intersecție a curbelor suprapuse. În cazul de față $\nu = 2{,}55$ și deci, conform formulei (22), $\sigma(0) = 2{,}55.368 = 937$ kgf/cm².

Rezultă că, pentru a asigura etanșeitatea îmbinării pe timp de un an, șuruburile trebuie strînse la începutul exploatării și după reparații cu efortul unitar $\sigma(0) = 937$ kgf/cm².

Realizarea practică a acestui efort se obține printr-o deformație inițială $\varepsilon(0)$, care rezultă din formula :

$$\varepsilon\,(0) = \frac{\sigma\,(0)}{E}\,. \qquad (23)$$

Înlocuind valorile lui $\sigma(0)$ şi E în formula (23), se obţine valoarea Δl, cu care trebuie lungit şurubul prin strîngere:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{937}{1{,}8.10^6} = 0{,}52 \cdot 10^{-3}.$$

Rezultă:

$$\Delta l = 0{,}52 \cdot 10^{-3}\ l.$$

Pentru un şurub cu lungimea de 100 mm rezultă că el trebuie strîns pînă se măsoară o alungire:

$$\Delta l = 0{,}52 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 = 0{,}052\ \text{mm}.$$

Pentru flanşele care funcţionează mai mulţi ani fără a fi desfăcute — fapt frecvent în exploatare — calculul se efectuează similar luînd în considerare timpul respectiv în ore.

4.3. Un alt exemplu de calcul de relaxare a eforturilor unitare în organe de maşini poate fi relaxarea presiunii de contact a unui inel presat pe un arbore care se roteşte.

De asemenea se poate calcula fluajul discurilor în mişcare de rotaţie. Aceste calcule sînt mai laborioase, însă prezintă o importanţă deosebită în practica lucrărilor de reparaţii.

Concluzii

Fluajul reprezintă un fenomen foarte important la conductele şi organele de maşini lucrînd la temperaturi înalte şi sub acţiunea unei (unor) sarcini permanente în timp.

Urmările acestui fenomen pot fi dintre cele mai grave dacă la proiectare şi în exploatare nu se ţine seamă de creşterea deformaţiilor plastice în timp şi nu se iau măsurile necesare.

La proiectarea organelor de maşini şi a conductelor trebuie să se aleagă materiale rezistente la fluaj, calculîndu-se pe baza deformaţiilor maxime admisibile, impuse de funcţionarea agregatelor, valorile corespunzătoare pentru eforturile unitare.

Dacă nu se aleg corespunzător eforturile unitare, considerîndu-se organele de maşini sau conductele funcţionînd în condiţiile mediului ambiant, se pot produce deformaţii plastice periculoase, care pot scoate agregatul din funcţiune fără ca restul organelor de maşini, care nu funcţionează la temperaturi ridicate, să fi ajuns la limita de funcţionare.

Pentru fiecare conductă de abur funcţionînd la temperaturi superioare celei de 450°C, înainte de darea în exploatare se impune a se monta repere inoxidabile şi apoi se vor efectua următoarele măsurători şi controluri periodice:

a) Se vor măsura două diametre perpendiculare ale conductei cu ajutorul micrometrelor sau, în lipsa acestora, cu calibre speciale, cu condiţia obligatorie a existenţei într-un asemenea calibru a unui şurub micrometric cu vernier. Este interzisă utilizarea compaselor de grosime, a şabloanelor sau a altor instrumente neprecise.

b) Se va măsura cu aparate precise, verificate, temperatura conductei şi a mediului ambiant. În caz că, la măsurătorile ulterioare, temperatura conductei şi a mediului ambiant vor fi diferite, se va face corecţia de temperatură la stabilirea exactă a diametrelor.

c) Pentru supravegherea modificărilor de structură a metalului sub acţiunea temperaturii lor înalte se vor stabili sectoare speciale pentru control, din care în timpul exploatării se vor lua probe pentru analize metalografice.

d) Toate măsurătorile şi rezultatele urmăririi fenomenului de fluaj se vor consemna în formulare speciale pentru a permite a se urmări în timp evoluţia fenomenului de fluaj.

e) Fiecare centrală trebuie să aibă o instrucţiune precisă privind urmărirea fluajului şi să desemneze în mod special un inginer, bine pregătit teoretic şi practic, care să urmărească şi să interpreteze fenomenul de fluaj în exploatare.

Ţinînd seamă că acest fenomen nu este stăpînit din punct de vedere teoretic şi practic sub toate aspectele, este necesar a se urmări în permanenţă progresele ce se efectuează pe plan intern şi internaţional în legătură cu posibilităţile de calcul şi de prevenire a deformaţiilor plastice periculoase în exploatare.

Bibliografie

[1] Popescu, M. *Fluajul şi materiale rezistente la temperaturi ridicate.*

[2] Buzdugan, Gh. *Manualul inginerului mecanic*, vol. I.

[3] Buzdugan, Gh. *Rezistenţa materialelor*, vol. I, 1956.

[4] Beleaev, N. M. *Rezistenţa materialelor*, vol. II.

[5] Ponomarev, S. D., Biderman, V. L. şi alţii. *Calculul modern de rezistenţă în construcţia de maşini*, vol. II.

[6] x x x *Fluajul şi aliajele rezistente la temperaturi ridicate.* I.D.T. 1955.

[7] Oding, I. A. *Metode noi de încercare a metalelor la relaxare şi fluaj* (traducere din limba rusă, I.D.T.).

[8] Oding, I. A. şi Matveev, S. A. *Incercarea metalelor la temperaturi ridicate.*

Măsuri de îmbunătățire a protecției prin relee, rezultate din analiza regimurilor dinamice provocate de avarii caracteristice

*GEORGE MORAITE** — București

Analiza avariilor din rețeaua de înaltă tensiune a sistemelor energetice interconectate scoate în evidență necesitatea aprofundării studiilor privind regimurile de funcționare a rețelei în timpul acestor avarii, luîndu-se în considerare caracteristicile dinamice reale a grupurilor generatoare și ale consumatorilor [1]. Aceste studii au devenit necesare în special datorită complexității sistemelor energetice în continuă dezvoltare și buclării rețelei de înaltă tensiune, ceea ce face ca avariile simple în centrale sau pe linie să se transforme, în anumite condiții, în avarii extinse în întreg sistemul.

Din astfel de analize complete ale avariilor caracteristice pot rezulta argumente bine fundamentate pentru modificarea sau completarea parțială a sistemului de protecție prin relee în anumite stații. Astfel, de exemplu, dacă pînă acum 4—5 ani timpul total de deconectare a defectelor de pe liniile de 110 kV (inclusiv timpul de acționare a întreruptorului de 110 kV), corespunzător primei trepte de temporizare a protecției de distanță din rețeaua de înaltă tensiune a țării noastre, putea fi mai mare ca 0,2 s (maximum 0,5 s), astăzi depășirea valorii de 0,3 s poate conduce la extinderi de avarii prin debuclarea rețelei, fenomen care va fi și mai pronunțat după realizarea interconectărilor cu sistemele energetice ale țărilor vecine. Din analiza unor avarii extinse a rezultat posibilitatea ca, în situația actuală, să existe regiuni din sistem în care se realizează deconectarea liniilor cu defect, în prima treaptă de temporizare a protecției de distanță, la timpi totali reali cuprinși între 0,4 și 0,6 s.

În același timp, faptul că anumite centrale mari nu sînt dotate cu protecția barelor de 110 kV poate conduce de asemenea la extinderi de avarii, așa cum a rezultat și din analiza unei avarii de genul celei prezentate mai jos.

Pe lîngă informații utile privind necesitatea ameliorării și completării actualului sistem de protecție prin relee din unele stații de 110 kV, analiza aprofundată a avariilor din rețeaua de înaltă tensiune ne conduce și la o mai justă alegere a tipului de protecție de distanță, în special în ceea ce privește caracteristica elementului de demaraj.

Analiza regimurilor dinamice provocate de avarii caracteristice este utilă și în cazul proiectării sistemului de protecție în stațiile de transformare prin care se alimentează consumatori importanți, în care se urmărește asigurarea continuității de funcționare. În articolul de față se examinează și această problemă referitor la un consumator de categoria I, în care o parte din receptoare o formează motoarele sincrone de mare putere.

În cele ce urmează se vor prezenta rezultatele obținute din analiza a două avarii extinse, precum și rezultatele analizei unor avarii caracteristice referitoare la o stație de transformare (110/6 kV) din care se alimentează un consumator de categoria I, cuprinzînd și motoare sincrone de puteri cuprinse între 4 și 12 MW.

1. Analiza unei avarii extinse datorită pendulării generatoarelor

Schema electrică simplificată a sistemului energetic la care ne referim în analiza acestui tip de avarie este prezentată în figura 1. Centrala *A*, cuprinzînd șase turboalternatoare, este interconectată cu sistemul prin opt linii de 110 kV (notate cu *L1* - *L8*). Cele două sisteme de bare de 110 kV din stația *A* (*I* și *II*) sînt legate printr-o cuplă longitudinală. Centralele mari, apropiate electric de centrala *A*, au fost notate cu *B* și *G*. Restul sistemului energetic este reprezentat interconectat prin stațiile *C*, *E* și *F*.

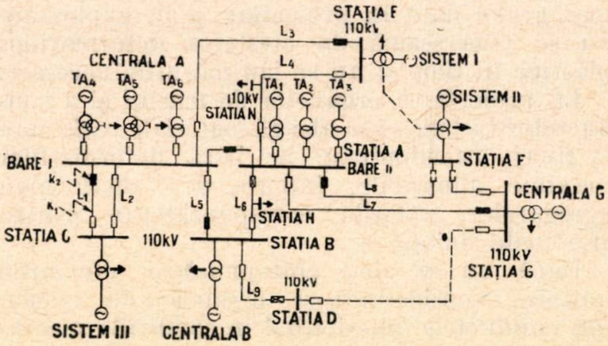


Fig. 1. Schema electrică simplificată a sistemului energetic local în care avaria s-a extins datorită pendulării rotoarelor generatoarelor sincrone.

Prin săgeți s-a indicat existența consumului de putere activă și reactivă.

1.1. *Descrierea avariei*

Această avarie a început printr-un scurtcircuit bifazat cu pămînt pe linia *L1* de 110 kV (dintre centrala *A* și stația *C*), în apropierea stației *C*.

Întreruptorul de 110 kV de pe linia *L1* din stația *C* a deconectat circuitul cu defect la 0,5 s din momentul producerii defectului, prin protecția maximală respectivă. Deconectarea circuitului cu defect din stația *A* s-a produs la 2,5 s de la prima deconectare, prin protecția de distanță, treapta a doua de temporizare. După circa 5 s de la prima deconectare, RAR acționează în sensul comenzii închiderii întreruptorului din stația *A*, de pe linia *L1*. În momentul închiderii întreruptorului, defectul de pe această linie nu fusese înlăturat și camera de stingere a unei faze a întreruptorului a făcut explozie, iar uleiul aprins, difuzat în spațiul înconjurător, a dus la un scurtcircuit trifazat în stația *A*.

---

* *G. Moraite* este inginer proiectant șef la I.S.P.E.

Separarea barelor cu defect din stația *A* (barele *I*, fig. 1) a fost realizată prin deschiderea cuplei longitudinale de 110 kV, la 0,9 s de la producerea scurtcircuitului trifazat și prin deconectarea la 1,5 s a liniilor *L3* și *L5*, prin protecția de distanță din stația *E*, respectiv din stația *B*.

În același timp au fost deconectate, tot prin protecția de distanță, liniile *7* (între stațiile *A* și *G*) din stația *G* și *8* (între stațiile *A* și *F*) din stația *A*.

Din analiza regimurilor dinamice succesive care au avut loc în cazul acestei avarii, analiză în care s-a ținut seamă de caracteristicile dinamice ale grupurilor generatoare, de încărcarea acestor grupări și a liniilor de 110 kV în regimul inițial de funcționare (cu nivelul de tensiune corespunzător), precum și de amplasamentul și caracteristicile consumului de putere activă și reactivă, a rezultat că toate deconectările liniilor menționate mai sus apar justificate atît din punct de vedere al impedanței aparente de la bornele releelor respective cît și ca sens al puterilor pe linii, care a determinat acționarea elementelor direcționale a protecției de distanță din stațiile respective.

Faptul că liniile *4* și *6* de 110 kV nu au fost deconectate în această fază a regimului dinamic s-a datorat prezenței consumatorilor din stațiile *N*, respectiv *H*, și sensului de circulație a puterilor activă și reactivă pe aceste linii, în intervalul 0—0,9 s, la care ne referim.

Grupurile turbogeneratoare *TA4*, *TA5* și *TA6* din centrala *A*, conectate la bara cu defect (bara *I*), au fost deconectate prin protecția maximală, după deschiderea cuplei longitudinale de 110 kV.

După separarea defectului de barele la care sînt conectate grupurile *TA 1*, *TA 2* și *TA 3*, prin deschiderea cuplei, aceste grupuri au continuat să funcționeze interconectate cu sistemul energetic prin liniile *L4* și *L6*, timp de circa un minut după deschiderea cuplei.

După separarea de sistem a defectului trifazat au urmat, în ordine cronologică, următoarele deconectări de linii de 110 kV: linia *L4* dintre stațiile *A* și *E*, din stația *A*; linia *9* dintre stațiile *B* și *D*, din stația *D*; linia *6* dintre stațiile *A* și *B*, din stația *A*. Toate aceste deconectări au avut loc în intervalul 0,9 s — 1 min de la producerea scurtcircuitului trifazat.

Prin aceste deconectări (care nu au putut fi explicate decît după reconstituirea pe cale analitică a regimurilor dinamice care au avut loc), avaria s-a extins, centralele *A* și *B* fiind separate de sistem, ceea ce a dus la sacrificii importante ale consumatorilor din sistem, pînă la refacerea interconectărilor sistemului energetic cu centralele *A* și *B*.

Prin urmare, analiza regimurilor dinamice succesive care au avut loc în cadrul acestei avarii a fost necesară pentru a stabili cauzele care au dus la debuclarea sistemului energetic după eliminarea defectului, precum și măsurile necesare pentru a evita în viitor extinderea unor asemenea avarii.

1.2. *Rezultatele analizei regimurilor dinamice provocate de avarie*

Deoarece nu au fost semnalate, în cadrul acestei avarii, și alte defecte decît cele sus-menționate referitoare la linia *L1* dintre stațiile *A* și *C*, extinderea în continuare a avariei nu poate fi explicată decît (așa cum a rezultat din calculele efectuate) prin fenomenul de pendulare a rotoarelor generatoarelor sincrone din zona în care s-a produs defectul. Aceste pendulări puternice au fost provocate în special de scurtcircuitul trifazat din stația *A*, scurtcircuit care a acționat direct asupra grupurilor *TA 1*, *TA 2* și *TA 3* din centrala *A* timp de 0,9 s și asupra grupurilor din centrala *B* timp de circa 1,5 s, prin liniile *L5* și *L6* dintre stațiile *A* și *B*.

Pentru analiza regimurilor dinamice care s-au succedat în cadrul acestei avarii s-a folosit procedeul de calcul al analizei nodale, aplicat în rețele complexe, procedeu care prezintă avantajele cunoscute [1]. Calculele au fost efectuate cu mașina electronică de calcul CIFA 2 *.

Din studiul regimurilor dinamice la care ne referim au rezultat următoarele concluzii:

Scurtcircuitul bifazat la pămînt din apropierea stației *C* (pe linia *L1*) a provocat o scădere a tensiunii, pe secvența directă, pînă la circa 45 kV. Acest defect nu a provocat pendulări importante ale rotoarelor generatoarelor din zonă. După deconectarea liniei *L1* de la ambele capete, tensiunea la barele de 110 kV ale stației *A* revine practic imediat la valoarea inițială.

O dată cu reanclanșarea pe defect a liniei *L1* și cu producerea scurtcircuitului trifazat în stația *A*, pendulările rotoarelor generatoarelor din centrala *A* se accentuează foarte mult, regimul fiind dinamic instabil chiar la 0,2 s de la producerea defectului trifazat. Pendulările rotoarelor generatoarelor din centrala *B* sînt mai puțin accentuate.

---

* Programele pentru CIFA 2 au fost întocmite de inginerii Steliana Hückert și Gheorghe Vădănescu.

Cu toate acestea, generatoarele din centrala *A* continuă să rămînă anclanşate la sistemul energetic, deoarece protecţia respectivă nu are posibilitatea să acţioneze pentru a deconecta aceste generatoare la un timp de ordinul 0,2—0,3 s. Pe toată durata de 0,9 s (pînă la deschiderea cuplei de 110 kV din centrala *A*), cît generatoarele din centrala *A* rămîn anclanşate la barele cu defect, ele trec succesiv din regim de generator în regim de motor, cu o perioadă de 0,3—0,4 s. Această situaţie se menţine şi după separarea barelor din staţia *A* (prin deschiderea cuplei de 110 kV), cînd pendulările generatoarelor *TA 1*, *TA 2* şi *TA 3* continuă, oscilaţiile puterilor active şi reactive — debitate sau absorbite de aceste generatoare — avînd o perioadă în continuă creştere.

Cu toate că după 1,5 s de la producerea scurtcircuitului trifazat defectul a fost separat de sistem, pendulările puternice ale rotoarelor generatoarelor *TA 1*, *TA 2* şi *TA 3* din centrala *A* continuă, ele ducînd la fluctuaţii ale unor puteri importante pe liniile *L4*, *L6* şi *L9*. În figura 2 este prezentată variaţia în timp a puterilor pe liniile *L4* şi *L6* şi a tensiunii la barele de 110 kV ale staţiei *A*, în intervalul 1,5÷2,5 s de la producerea scurtcircuitului trifazat (deci după eliminarea defectului de la barele *II* ale centralei *A*).

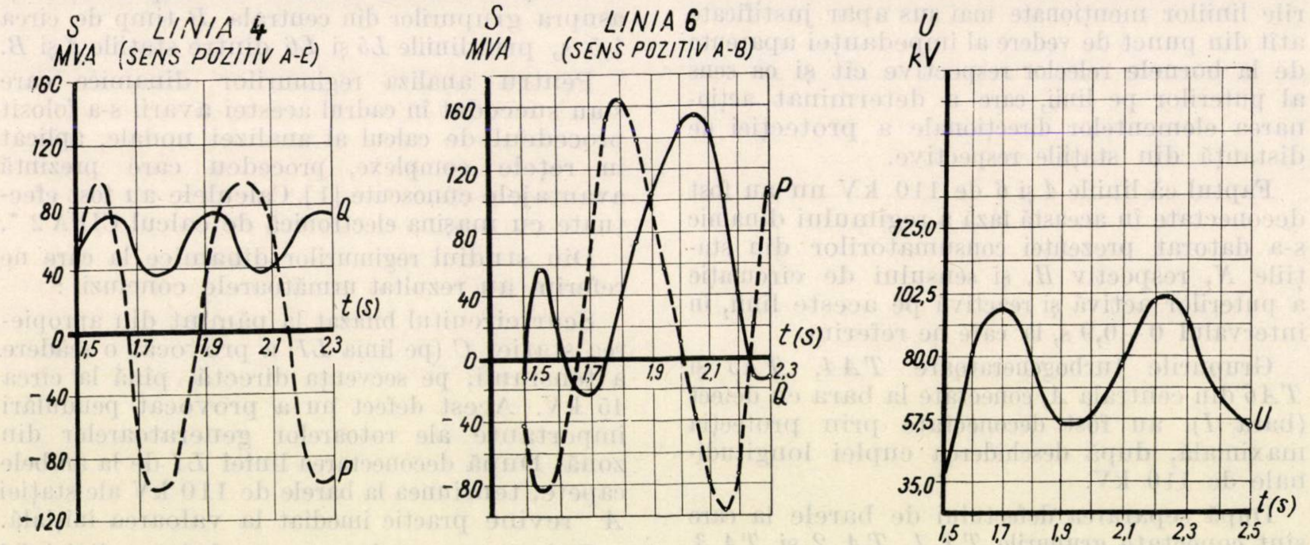


Fig. 2. Variaţia în timp a puterilor active şi reactive pe liniile *L4* (*a*) şi *L6* (*b*) şi a tensiunii (*c*) la barele de 110 kV ale staţie *A*, după eliminarea defectului trifazat de la barele *II* de 110 kV ale centralei *A*.

Puterile active şi reactive mari vehiculate pe linia *L4*, de 110 kV, concomitent cu prăbuşirea tensiunii la barele de 110 kV ale centralei *A*, au dus (aşa cum rezultă din examinarea figurii 2) la deconectarea liniei *L4* prin acţionarea protecţiei de distanţă la un timp corespunzînd treptei a doua de temporizare din staţia *A*, în acea fază a regimului dinamic care a urmat separării defectului trifazat, în care puterea activă şi reactivă circulă spre staţia *E* (circa 130 MVA), iar tensiunea la barele de 110 kV ale centralei *A* era de 55 kV. În felul acesta, atît elementul direcţional cît şi cel de măsură a protecţiei de distanţă din staţia *A* (de pe linia *L4*) au acţionat în sensul declanşării întreruptorului respectiv de 110 kV.

Cu toate că fluctuaţiile de putere activă şi reactivă sînt mai pronunţate pe linia *L6* decît pe linia *L4*, totuşi deconectarea liniei *L6* nu a avut loc înaintea deconectării liniei *L4*, deoarece în intervalele de timp cînd tensiunea la barele de 110 kV ale centralei *A* era prăbuşită, sensul de circulaţie a puterii pe linia *L6* a dus la blocarea, prin elementul direcţional, a protecţiei de distanţă din staţia *A*.

După deconectarea liniei *L4*, puterile vehiculate pe liniile *L6* şi *L9* au crescut (pe linia *L9* pînă la 90 MVA), iar tensiunea la barele de 110 kV ale staţiei *D* s-a menţinut la valori coborîte, cuprinse între 70 şi 90 kV. În felul acesta se explică deconectarea liniei *L9* din staţia *D*, prin protecţia de distanţă, treapta de demaraj, în acea fază a regimului dinamic în care atît puterea activă cît şi cea reactivă circulau pe linia *L9* spre staţia *B*.

O dată cu deconectarea liniei *L9*, centralele *A* şi *B* au rămas interconectate numai prin linia *L6*, fluctuaţiile de putere pe această linie continuînd datorită pendulărilor rotoarelor generatoarelor *TA 1*, *TA 2* şi *TA 3*. Aceasta a antrenat prăbuşirea frecvenţei şi a tensiunii în acea fază a regimului dinamic care a urmat deconectării liniei *L9*, în care generatoarele din centrala *A* funcţionau în regim de motor, iar puterea activă pe linia *L6* circula spre staţia *A*, în timp ce puterea reactivă circula spre staţia *B*. În această situaţie, linia *L6* a fost deconectată prin protecția de distanță din stația *A*, elementul direcțional respectiv deblocînd protecția pentru sensul sus-menționat de putere activă și reactivă pe linia *L6*.

În felul acesta, extinderea avariei la care ne referim a dus la separarea de sistem a centralelor *A* și *B* și, în consecință, la importante sacrificii de consum.

1.3. *Concluzii privind avaria extinsă datorită pendulărilor*

Din examinarea regimurilor dinamice provocate de scurtcircuitul trifazat din stația *A* a rezultat următoarea concluzie importantă :

Extinderea acestei avarii, care a constat din deconectarea liniilor de 110 kV *L4*, *L9* și *L6* după eliminarea defectului, și astfel separarea de sistem a centralelor *A* și *B*, se datorește lipsei protecției barelor de 110 kV din stația *A*.

Dacă această protecție ar fi fost prevăzută, cupla longitudinală a barelor de 110 kV din stația *A* ar fi fost deschisă la circa 0,1 s de la producerea defectului trifazat, iar grupurile *TA 4*, *TA 5* și *TA 6* ar fi fost separate de sistem la 0,3 s. Prin aceasta, scurtcircuitul trifazat ar fi acționat după 0,1 s indirect asupra grupurilor *TA 1*, *TA 2* și *TA 3*, și aceasta numai maximum 1,5 s, pînă la deconectarea prin protecția de distanță a liniilor de 110 kV *L3* și *L5*. În felul acesta, pendularea rotoarelor generatoarelor *TA 1*, *TA 2* și *TA 3* din centrala *A* ar fi fost mult atenuată și astfel nu s-ar fi produs nici deconectarea celor trei grupuri din centrala *A* și nici separarea de sistem a centralei *B*, deoarece deconectarea liniilor *L4*, *L9* și *L6* nu ar mai fi fost posibilă.

Este interesant de semnalat că un scurtcircuit trifazat pe liniile de 110 kV care pleacă din stația *A*, în apropiere (la circa 5 km) de barele de 110 kV ale acestei stații, chiar dacă este deconectat corect de întreruptorul respectiv, dar la un timp de minimum 0,4 s, provoacă de asemenea pendulări periculoase, care duc la debuclări ale sistemului energetic după eliminarea defectului și prin aceasta la extinderea avariei. Or, în situația actuală este puțin probabil că sistemul de protecție prin relee din stația *A* poate asigura deconectarea liniilor respective de 110 kV cu defect care se încadrează în prima treaptă a protecției de distanță, la un timp total real mai mic ca 0,5 s (inclusiv timpul de acționare a întreruptorului de 110 kV).

Prin urmare, actualul sistem de protecție din stația *A* nu poate realiza o separare a defectului din apropierea barelor de 110 kV respective la un timp suficient de scurt pentru a se evita extinderea avariilor de genul celei analizate în articolul de față.

Faptul că protecția prin relee existentă în centrala *A* nu poate acționa satisfăcător în cazul defectelor însoțite de pendulări puternice ale rotoarelor generatoarelor din această centrală a rezultat și din aceea că nici unul din grupurile *TA 1*, *TA 2* și *TA 3*, ale căror pendulări au dus la extinderea avariei, nu au fost deconectate datorită acționării protecției prin relee din această centrală, ci prin acționare manuală, pe partea mecanică, la circa 2 min după producerea defectului trifazat.

Protecția maximală a grupurilor din această centrală nu poate realiza deconectarea grupurilor cu pendulări puternice, deoarece în acest caz, chiar dacă valoarea curentului statoric depășește dublul valorii nominale (ceea ce s-a întîmplat într-adevăr în cazul avariei la care ne referim), acest curent prezintă oscilații cu perioade variind între circa 0,4 și 7 s.

De asemenea, protecția de distanță a grupurilor din centrala *A* nu poate realiza deconectarea de la rețea a grupului decît la defecte care au loc între barele de 110 kV și barele de 6 kV, fără posibilitatea sesizării pendulărilor periculoase.

Dacă în situația actuală pendulări periculoase pot fi provocate numai de scurtcircuite trifazate din imediata apropiere a barelor de 110 kV, în viitor, o dată cu apariția interconexiunii cu sistemele energetice ale țărilor vecine, astfel de pendulări vor fi cauzate și de scurtcircuite bifazate la pămînt deconectate la un timp mai mare ca 0,3 s, defecte care apar cu o frecvență mai mare decît cele trifazate.

În felul acesta a rezultat, pe de o parte, necesitatea introducerii protecției barelor la toate centralele mari din sistemul energetic, iar pe de altă parte necesitatea asigurării unui timp total real (inclusiv timpul de acționare a întreruptorului de 110 kV) de maximum 0,3 s pentru deconectarea circuitelor cu defect care se încadrează în prima treaptă a protecției de distanță din rețeaua de 110 kV. În cazul cînd, în urma unor verificări experimentale, va rezulta că în anumite stații acest timp total (determinat în condiții cît mai apropiate de cele reale de funcționare a sistemului de protecție) depășește valoarea de 0,3 s, vor trebui luate toate măsurile pentru reducerea acestui timp, măsuri care pot merge pînă la înlocuirea sistemului de protecție respectiv. Montarea în sistem a osciloperturbografelor, acțiune care a început în sistemul nostru energetic în stațiile cele mai importante, va permite determinarea exactă a timpului real de deconectare a circuitelor cu defect din rețeaua de înaltă tensiune.

O a treia concluzie se referă la necesitatea schimbării tipului caracteristicii elementului de demaraj al protecției de distanță de pe anumite artere de 110 kV, astfel încît la scăderea tensiunii la barele de 110 kV ale stațiilor pînă la 85 kV și la o putere vehiculată de 90 MVA elementul de demaraj să nu acționeze. Această măsură este deosebit de utilă pentru regimurile de funcționare în care anumite artere ale rețelei de înaltă tensiune funcționează încărcate la limita termică.

Din analiza regimurilor dinamice care s-au succedat în cadrul acestei avarii a rezultat că deconectarea liniei *L9* ar fi putut avea loc și la un timp corespunzător treptei a doua a protecției de distanță din stația *D*, în situația în care tensiunea la barele de 110 kV din această stație ar fi scăzut pînă la circa 50 kV, iar puterea vehiculată pe linie ar fi fost de aproximativ 100 MVA, această situație menținîndu-se timp de circa 0,9 s. Acest lucru ar fi fost însă posibil înainte de deconectarea liniei *L4*, cînd generatoarele din centrala *A* funcționau în regim de motor. În acest caz însă, modificarea reglajului treptei a doua a protecției de distanță nu mai are sens, acest reglaj fiind impus de necesitatea coordonării treptelor protecției de distanță de pe arterele de 110 kV din această zonă a sistemului energetic. De aceea singura măsură practică care poate fi luată pentru evitarea acționării protecției de distanță la suprasarcini, care apar în rețea în mod mai frecvent, este numai modificarea tipului caracteristicii elementului de demaraj al protecției de distanță, pe anumite artere ale rețelei de 110 kV, în sensul indicat mai sus.

Menționăm, în plus, că deconectarea liniei *L9*, după deconectarea liniei *L4*, la un timp corespunzător treptei a doua de temporizare a protecției de distanță ar fi fost posibilă în cazul unui regim inițial de funcționare modificat, față de cel considerat în analiza acestei avarii, și anume în situația în care inițial liniile *L5* și *L6* ar fi fost încărcate cu o putere mai mare.

În sfîrșit, din analiza mai multor avarii extinse datorită pendulărilor a rezultat că ar fi util ca protecția generatoarelor mari din centralele mai importante ale sistemului să fie completată astfel încît să asigure deconectarea grupurilor cu pendulări în cazul inversării componentei active a curentului generatorului (regim de motor), deconectarea fiind astfel temporizată încît să aibă loc numai atunci cînd această situație se menține un anumit timp. Această problemă prezintă însă dificultăți tehnice de realizare, și numai dintr-un studiu aprofundat bazat pe considerente tehnico-economice, va putea rezulta dacă acest sistem de protecție este util a fi introdus în centralele mari ale sistemului nostru energetic, în viitorul apropiat.

Acest sistem de protecție, pentru evitarea extinderii avariilor datorită pendulărilor importante ale rotoarelor generatoarelor mari, trebuie să prezinte o siguranță mare în funcționarea sa, pentru a nu conduce la deconectări intempestive ale grupurilor fără pendulări importante. Cu titlu informativ menționăm că din studiile întocmite pînă în prezent a rezultat că deconectarea grupurilor cu pendulări ar trebui să aibă loc numai în cazul cînd componenta activă a curentului absorbit de grup a atins cel puțin 70% din valoarea nominală a acestui curent, menținîndu-se deasupra acestei valori timp de minimum 0,6 s. Aceste valori vor trebui reexaminate într-un studiu special privind regimurile dinamice însoțite de pendulări pentru diverse configurații ale sistemului energetic și pentru diverse etape de perspectivă.

Utilizarea procedeului de studiu al analizei nodale [2,3] pentru examinarea detaliată a regimurilor dinamice care s-au succedat în cadrul acestei avarii a permis analiza simultană a desfășurării fenomenului în mai multe puncte caracteristice ale rețelei de 110 kV: barele de 110 kV ale stațiilor *A*, *B*, *F* și *G*. Numai în felul acesta s-a putut determina cu deosebită ușurință fluctuația puterilor active și reactive pe liniile de interconexiune și variația tensiunilor la barele de 110 kV ale stațiilor, elemente esențiale pentru studiul avariilor extinse datorită pendulării rotoarelor generatoarelor sincrone din sistem [1].

În afară de avantajele pe care procedeul de studiu al analizei nodale le prezintă, în comparație cu celelalte metode de calcul cunoscute în literatura de specialitate, din punct de vedere al simplificării calculelor, acest procedeu oferă în plus posibilitatea de a raționa asupra efectelor regimurilor dinamice, plecînd de la diferite condiții inițiale ale regimului de funcționare a rețelei. Astfel, în cazul avariei la care ne referim, simpla reprezentare grafică a nodului rețelei format de barele de 110 kV ale stației *A*, în situația anterioară avariei și în situația în care grupurile *TA 4*, *TA 5* și *TA 6* ale centralei *A* au fost separate de sistem, a dat o primă și utilă informare asupra posibilității de extindere a avariei datorită pendulării rotoarelor turbogeneratoarelor *TA 1*, *TA 2* și *TA 3* ale aceleiași centrale.

Numai după această primă analiză a fenomenului s-au putut stabili elementele caracteristice necesar a fi determinate prin calcul pentru explicarea extinderii acestei avarii, calcul care a fost efectuat prin același procedeu, dar cu extindere asupra întregii zone a rețelei respective și utilizînd mijloace speciale de calcul (mașina electronică CIFA 2).

2. Analiza unei avarii extinse datorită acționării protecției de distanță la suprasarcină

Schema electrică simplificată a sistemului energetic la care ne vom referi în cele ce urmează este prezentată în figura 3. Centrala *A* este interconectată cu sistemul prin liniile de 110 kV notate cu $L1 \div L4$. În schemă este indicată și o linie depărtată electric de locul defectului, dar care a fost deconectată prin protecția de distanță în cadrul acestei avarii: linia de 110 kV *L5* dintre stațiile *E* și *F*. Pe schemă sînt indicate de asemenea întreruptoarele de 110 kV care au fost deconectate în timpul acestei avarii cu timpul respectiv de acționare a protecției.

2.1. *Descrierea avariei*

În urma unui scurtcircuit bifazat la pămînt în apropierea stației *B*, pe linia de 110 kV *L1*, dintre stațiile *A* și *B*, acest circuit a fost deconectat prin protecția din stația *B*. Întreruptorul de 110 kV al liniei *L1* din stația *A* nu a fost deconectat de protecție, așa cum ar fi fost normal, și aceasta a dus la următoarele deconectări, în ordine cronologică, prin protecția maximală de curent homopolar : linia de 110 kV *L2* dintre stațiile *A* și *B* ; linia de 110 kV *L3* dintre stațiile *A* și *C* ; toate grupurile din centrala *A*.

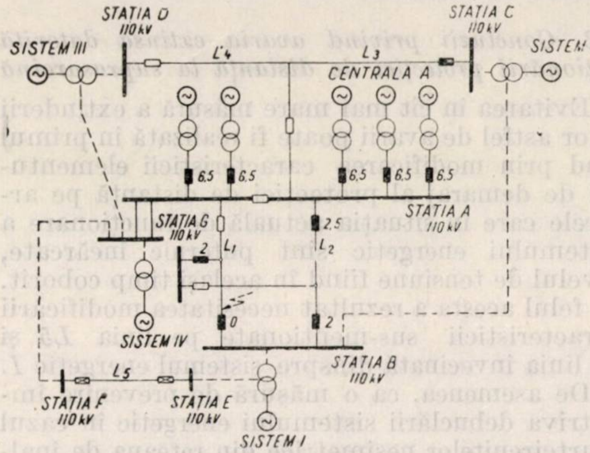


Fig. 3. Schema electrică simplificată a sistemului energetic local în care avaria s-a extins datorită acționării protecției de distanță la suprasarcină.

După aceste deconectări, sistemele energetice locale *I*, *III* și *IV* și-au acoperit deficitul de putere prin vehicularea excedentului de putere al sistemului *II* prin arterele de 110 kV cuprinse între stațiile *B*, *E* și *F* (fig. 3).

În condițiile acestea, deci după eliminarea defectului din sistem, a avut loc deconectarea liniei *L5* dintre stațiile *E* și *F*, simultan de la ambele capete, prin acționarea protecției de distanță respective la un timp corespunzînd treptei a doua de temporizare.

Prin deconectarea fără defect a liniei *L5*, sistemele energetice locale *III* și *IV*, cu deficit important de putere activă, au rămas separate de restul sistemului energetic, din care cauză frecvența în această zonă a scăzut pînă la circa 47 Hz, ceea ce a antrenat sacrificii la consumatori prin D.A.S.

2.2. *Rezultatele analizei regimurilor de funcționare a rețelei în timpul avariei*

Dacă în cazul primei avarii analizate extinderea acesteia s-a datorat pendulărilor rotoarelor generatoarelor din zonă, care au continuat și după eliminarea defectului, în cazul acestei avarii debuclarea sistemului nu a fost provocată de pendulări periculoase.

În analiza primei avarii s-a urmărit elucidarea cauzelor care au dus la deconectarea celor trei linii de 110 kV după eliminarea defectului din sistem. În ceea ce privește cea de-a doua avarie, analiza ei a fost necesară pentru a explica deconectarea liniei de 110 kV *L5* dintre stațiile *E* și *F*, fără un defect pe această linie sau pe liniile apropiate, deconectare care a dus la extinderea avariei.

Din analiza regimurilor dinamice succesive care au avut loc în timpul acestei avarii a rezultat că deconectarea liniilor *L1*, *L2*, *L3* (fig. 3), precum și a grupurilor din centrala *A* se justifică, curenții homopolari de pe circuitele respective atingînd valorile la care protecția maximală de curent homopolar respectivă acționează.

Problema mai complexă a fost stabilirea condițiilor în care a avut loc deconectarea liniei de 110 kV *L5*, de la ambele capete.

Prin analiza regimului dinamic produs de deconectarea grupurilor din centrala *A*, ținîndu-se seamă și de condițiile de funcționare create prin succesiunea regimurilor dinamice anterioare, s-a ajuns la justificarea deconectării simultane, de la ambele capete, a liniei *L5*, la un timp corespunzînd treptei a doua a protecției de distanță. Într-adevăr, în momentul deconectării grupurilor din centrala *A*, liniile *L1*, *L2* și *L3* fiind deconectate anterior, așa cum s-a arătat mai sus, tensiunea la barele de 110 kV ale stațiilor din sistemul energetic local *I* (fig. 3) a scăzut pînă la circa 70 kV, datorită faptului că o importantă putere a fost vehiculată pe liniile de 110 kV cu simplu circuit, dinspre sistemul local *II* spre sistemele energetice locale *I*, *III* și *IV*. În felul acesta, imediat după deconectarea grupurilor din centrala *A* prin protecția maximală de curent homopolar, s-a ajuns la următorul regim de funcționare al liniei *L5* : tensiunea la barele de 110 kV ale stației *E* a coborît pînă la circa 40 kV, iar puterea vehiculată spre stația *F* avea valoarea de 70 MVA. Puterea activă circula spre stația *F*, în timp ce puterea reactivă circula spre stația *E*, sistemul energetic *I* fiind deficitar de putere reactivă în acest regim de funcționare.

În această situație a fost posibilă deconectarea liniei *L5*, simultan de la ambele capete ; din cauza circulației de putere reactivă în sens invers față de puterea activă, elementele direcționale ale protecției de distanță a liniei *L5*, din stațiile *E* și *F*, au deblocat protecția, iar impedanța aparentă, măsurată de releele respective, a coborît pînă la valoarea corespunzătoare treptei a doua a protecției de distanță.

După circa 4—5 s de la deconectarea grupurilor din centrala *A*, tensiunea la barele de 110 kV ale sistemelor *I*, *III* și *IV* crește ca urmare a redistribuirii puterii reactive în rețea și a scăderii inițiale a consumului (conform caracteristicilor de consum în funcție de tensiune și frecvență). În felul acesta, tensiunea în stațiile

E şi *F* creşte pînă la 60, respectiv 66 kV, iar puterea vehiculată pe această linie scade pînă la circa 55 MVA, ca urmare a creşterii puterii debitate de centralele din sistemele locale *III* şi *IV*, creştere mai accentuată decît cea a consumului din această zonă, datorită ridicării nivelului de tensiune în reţeaua de 110 kV.

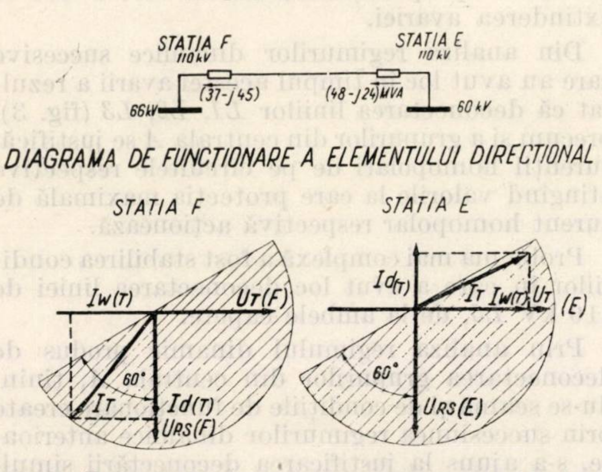


Fig. 4. Regimul de funcţionare a liniei de 110 kV *L5* şi diagrama corespunzătoare de funcţionare a elementelor direcţionale ale protecţiei de distanţă din staţiile *E* şi *F*, în situaţia care a rezultat după circa 5 s de la deconectarea grupurilor turbogeneratoare din centrala *A*.

În figura 4 este indicat regimul de funcţionare a liniei de 110 kV *L5* în acest interval de timp (după 4—5 s de la deconectarea grupurilor din centrala *A* prin protecţia maximală de curent homopolar).

Din analiza acestui regim rezultă că şi în această situaţie este posibilă deconectarea de la ambele capete ale liniei *L5*, prin protecţia de distanţă, treapta de demaraj.

Prin urmare, chiar dacă linia *L5* nu ar fi fost deconectată imediat după deconectarea grupurilor din centrala *A*, aceasta ar fi avut loc după circa 5 s, la un timp corespunzător treptei de demaraj a protecţiei de distanţă.

Într-adevăr, din figura 4 rezultă că, în regimul de funcţionare respectiv, elementele direcţionale ale protecţiei de distanţă din staţiile *E* şi *F* (de pe linia *L5*) permit deblocarea protecţiei datorită circulaţiei puterii reactive în sens invers faţă de puterea activă. În acelaşi timp, tipul actual al elementelor de demaraj al protecţiei de distanţă existente în reţeaua de 110 kV permite ca, la o scădere a tensiunii pînă la 60 kV şi la o putere vehiculată de 50 MVA (situaţie care a rezultat în cazul avariei la care ne referim), protecţia de distanţă să acţioneze în sensul deconectării circuitului respectiv.

În felul acesta se explică un fenomen care apare foarte rar în statistica avariilor, şi anume deconectarea intempestivă, de la ambele capete, a unei linii fără defect prin acţionarea protecţiei de distanţă direcţionale. Diagramele de funcţionare a elementelor direcţionale din staţiile *E* şi *F* şi indicaţiile privind regimul de funcţionare corespunzător al liniei *L5*, prezentate în figura 4, permit explicarea fenomenului la care ne referim.

2.3. *Concluzii privind avaria extinsă datorită acţionării protecţiei de distanţă la suprasarcină*

Evitarea în cît mai mare măsură a extinderii unor astfel de avarii poate fi realizată în primul rînd prin modificarea caracteristicii elementului de demaraj al protecţiei de distanţă pe arterele care în situaţia actuală de funcţionare a sistemului energetic sînt puternic încărcate, nivelul de tensiune fiind în acelaşi timp coborît. În felul acesta a rezultat necesitatea modificării caracteristicii sus-menţionate pe linia *L5* şi pe linia învecinată dinspre sistemul energetic *I*.

De asemenea, ca o măsură de prevenire împotriva debuclării sistemului energetic în cazul scurtcircuitelor nesimetrice din reţeaua de înaltă tensiune, aşa cum s-a întîmplat în avaria a cărei analiză a fost prezentată mai sus, este necesar controlul riguros al circuitelor secundare, inclusiv cele aferente întreruptoarelor de 110 kV.

Cauza iniţială care a dus la debuclarea sistemului şi la separarea de sistem a unei mari centrale (centrala *A*) a fost tocmai nefuncţionarea întreruptorului de 110 kV al liniei *L1* din staţia *A*, datorită cărui fapt a urmat deconectarea liniilor de 110 kV, fără defect, *L2* şi *L3* şi apoi a grupurilor din centrala *A*.

3. Probleme privind protecţia prin relee din staţiile de transformare prin care se alimentează motoarele sincrone mari

Comportarea motoarelor sincrone la şocurile de putere activă din reţeaua de înaltă sau joasă tensiune impune anumite condiţii pe care trebuie să le satisfacă protecţia prin relee din zona respectivă, în special în cazul cînd este vorba de motoare sincrone de mare putere (puteri unitare de ordinul a 10 MW) care alimentează consumatori de gradul *I*.

În ultimul timp, intrarea în funcţiune a unor astfel de motoare în cadrul combinatelor chimice din ţara noastră face ca problema asigurării continuităţii în exploatare a agregatelor respective să fie de mare actualitate.

În articolul de faţă se examinează cîteva avarii caracteristice ce pot avea loc în staţiile de transformare la care ne referim, cu scopul de a stabili anumite condiţii pe care trebuie să le satisfacă protecţia prin relee respectivă.

Schema electrică de principiu a sistemului energetic local, la care se referă analiza prezentată mai jos, este indicată în figura 5.

În staţia de transformare *A* se află două transformatoare de 60 MVA, 110/6 kV. Această staţie se află în apropierea staţiei *B* a unei termocentrale. Cele două sisteme de bare de 6 kV ale stației *A* sînt prevăzute cu o cuplă longitudinală. De la fiecare sistem de bare de 6 kV (barele *I* și *II*, fig. 5) se alimentează cîte două motoare sincrone a 4 MW fiecare și cîte un motor sincron cu o putere nominală de 12 MW. În afară de aceste receptoare, de la barele *I* și *II* se alimentează și alți consumatori (motoare asincrone și iluminat) prin plecările *S1* și *S2*, prevăzute cu reactoare. Limitarea curentului și a șocului de tensiune la barele de 6 kV, în momentul pornirii în asincron a motoarelor sincrone respective, este asigurată de asemenea prin reactoare cu anumite caracteristici.

Fără a intra în alte detalii privind realizarea schemei stației respective, în cele ce urmează se vor examina următoarele avarii caracteristice :

a) Scurtcircuit trifazat în rețeaua de 110 kV.

b) Întreruperea intempestivă a alimentării unuia dintre cele două sisteme de bare de 6 kV (în situația în care cupla *C* a barelor de 6 kV este deconectată).

c) Scurtcircuit trifazat pe plecările *S1* sau *S2* de la barele de 6 kV ale stației *A*.

Menționăm că în anteproiectul sistemului de protecție respectiv s-au prevăzut următoarele caracteristici privind timpii de deconectare necesari ai protecției prin relee din această stație : timpul minim de separare a defectelor în rețeaua de 110 kV sau în transformatoarele de 110/6 kV, prin deschiderea întreruptoarelor *I1* sau *I2* de 6 kV (fig. 5), 0,9 s ; eliminarea scurtcircuitelor de pe plecările *S1* sau *S2* la un timp minim de circa 0,3 s, prin protecție diferențială longitudinală ; asigurarea continuității în funcționarea motoarelor sincrone prin închiderea cuplei barelor de 6 kV la 0,6 — 0,8 s, de la întreruperea intempestivă a alimentării unuia dintre cele două sisteme de bare de 6 kV ale stației *A*.

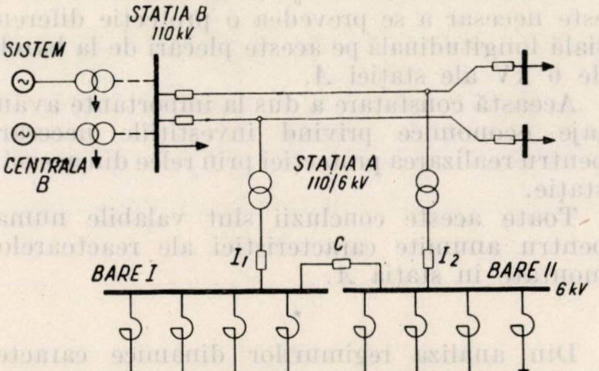


Fig. 5. Schema electrică simplificată a stației de transformare de 110/6 kV prin care se alimentează motoare sincrone de mare putere (2 × 12 MW și 4 × 4 MW).

Analiza unor avarii caracteristice posibile în stația *A* sau în apropierea ei a avut ca scop să verifice dacă timpii minimi sus-menționați privind protecția prin relee din această stație asigură continuitatea în funcționare a motoarelor sincrone de 12 și 4 MW, continuitate impusă de procesul de fabricație din combinatul chimic respectiv.

3.1. *Asigurarea continuității în funcționare a motoarelor sincrone în cazul unui scurtcircuit trifazat în rețeaua de 110 kV*

Acest defect provoacă o prăbușire a tensiunii la barele de 6 kV pînă la circa 0,5 kV după 0,6 s de la producerea scurtcircuitului trifazat, tendința fiind de scădere în continuare. În cazul deconectării circuitului cu defect la un timp mai mare ca 0,3 s nu se menține funcționarea stabilă a motoarelor sincrone conectate la bara respectivă de 6 kV a stației *A*. Aceasta datorită faptului că acest gen de defect, prin prăbușirea tensiunii la barele de 6 kV, provoacă un mare șoc de putere activă pentru motoarele sincrone, precum și o încetinire inegală a rotoarelor lor datorită momentelor de inerție, mult diferite ca valori, la motoarele de 12 MW (3000 rot/min) și la cele de 4 MW (125 rot/min).

Prin urmare, scurtcircuitul trifazat în rețeaua de 110 kV din apropierea stației *A* provoacă funcționarea instabilă a motoarelor sincrone mari din această stație, în cazul cînd defectul este eliminat la un timp mai mare ca 0,3 s. Prin protecția de distanță din stația *B*, circuitul de 110 kV cu defect este eliminat la circa 0,2 s. Defectul însă continuă să acționeze direct asupra unuia dintre cele două sisteme de bare de 6 kV ale stației *A* pînă la deconectarea întreruptorului respectiv de 6 kV din această stație.

Dacă acest întreruptor declanșează la un timp mai mare ca 0,3 s de la producerea defectului, închiderea cuplei longitudinale a barelor de 6 kV după minimum 0,6 s nu poate asigura continuitatea în funcționare a motoarelor sincrone de la bara cu defect, deoarece condițiile de cuplare în sincronism nu sînt îndeplinite, în special în ceea ce privește frecvența.

Aceeași concluzie a rezultat și în cazul cînd defectul în rețeaua de 110 kV este un scurtcircuit bifazat la pămînt.

În această situație a rezultat următoarea soluție : după deconectarea unuia dintre cele două întreruptoare de 6 kV (în funcție de circuitul liniei de 110 kV cu dublu circuit pe care a avut loc defectul), motoarele sincrone de la bara de 6 kV rămasă fără alimentare trebuie trecute pe rezistența de descărcare (înfășurarea rotorică deconectată de la excitatoare și închisă pe o rezistență de o anumită valoare, care este folosită și pentru pornirea în asincron a acestor motoare). În această situație, cupla longitudinală a barelor de 6 kV poate fi închisă, deoarece motoarele respective sînt anclanșate în asincron la barele de 6 kV alimentate din sistem.

Cu cît această manevră (necesar a fi automatizată) durează mai puţin, cu atît şocul de putere reactivă şi de tensiune provocat la barele de 6 kV prin cuplarea în asincron a motoarelor va fi mai redus. În cazul cînd trecerea în asincron a motoarelor respective și închiderea cuplei se efectuează la un timp total de maximum 2 s de la întreruperea alimentării barelor cu defect, nu se perturbă funcţionarea sincronă a celorlalte motoare.

După cuplarea motoarelor în asincron, trecerea la funcţionarea sincronă este necesar să se facă de asemenea automat, după circa 10 s de la închiderea cuplei.

O altă soluţie, care ar putea fi mai greu de realizat şi eventual ar necesita o majorare a investiţiilor, se referă la posibilitatea asigurării continuităţii funcţionării sincrone a motoarelor în cazul unor avarii de acest gen.

Astfel, datorită faptului că staţiile *A* şi *B* sînt apropiate, declanşarea la un timp minim a întreruptoarelor de pe partea de 6 kV a transformatoarelor din staţia *A* (la scurtcircuite în reţeaua de 110 kV, care se încadrează în prima treaptă de temporizare a protecţiei de distanţă respective) poate fi asigurată prin utilizarea unui cablu-pilot, cu ajutorul căruia impulsul de deconectare a întreruptoarelor de 110 kV din staţia *B* să fie transmis în staţia *A*, atît întreruptoarelor de 6 kV (pentru a acţiona în sensul deschiderii lor) cît şi cuplei, pentru a comanda închiderea ei. Dacă în felul acesta, ţinînd seamă de timpul propriu de închidere a întreruptoarelor de 6 kV de care dispunem, se poate realiza deschiderea întreruptorului respectiv de 6 kV şi închiderea cuplei la maximum 0,2 s de la producerea defectului în reţeaua de 110 kV, se poate asigura continuitatea funcţionării sincrone a motoarelor din staţia *A*.

Dacă însă timpul real de închidere a cuplei, considerat din momentul producerii defectului în reţeaua de 110 kV, nu poate fi coborît pînă la 0,2 s, se renunţă la acest sistem de protecţie şi se adoptă reanclanşarea automată în asincron a motoarelor din staţia *A* rămase fără alimentare din sistem prin deconectarea întreruptorului respectiv de 6 kV, reanclanşare care urmează a fi efectuată în condiţiile sus-menţionate.

3.2. *Asigurarea continuităţii în funcţionare a motoarelor sincrone în cazul deconectării intempestive a unuia dintre transformatoarele de 110/6 kV din staţia A*

Acest gen de avarie poate apărea în cazul unui defect într-unul dintre cele două transformatoare de 110/6 kV din staţia *A*.

Din analiza regimului dinamic provocat de această avarie posibilă a rezultat că motoarele sincrone cuplate la barele respective de 6 kV îşi menţin un anumit timp funcţionarea stabilă după întreruperea alimentării din sistem a acestor bare, dar trec în regim de generator, încetinindu-şi însă sensibil viteza de rotaţie. Astfel după 0,3 s, alunecarea faţă de viteza sincronă este de circa 5%, iar la 0,4 s — de circa 7,5 %. Ţinînd seamă şi de variaţia fazei tensiunii de la barele de 6 kV rămase fără alimentare, a rezultat că asigurarea continuităţii în funcţionarea sincronă a acestor motoare nu poate fi realizată decît în cazul cînd cupla barelor de 6 kV se închide la maximum 0,2 s de la deconectarea întreruptorului de pe partea de 6 kV a transformatorului cu defect, cu controlul tensiunilor (ca mărime şi fază) de la cele două sisteme de bare de 6 kV.

În cazul în care aceste condiţii privind reanclanşarea automată rapidă a cuplei barelor de 6 kV din staţia *A* nu pot fi realizate cu aparatajul avut la dispoziţie, se recomandă şi pentru acest gen de avarie anclanşarea automată în asincron a motoarelor rămase fără alimentare, în condiţiile indicate la pct. 3.1.

3.3. *Scurtcircuit trifazat pe una dintre plecările de la barele de 6 kV ale staţiei A*

Datorită prezenţei reactoarelor pe plecările *S1* şi *S2* (fig. 5) de la barele de 6 kV, un scurtcircuit trifazat pe una dintre aceste plecări va duce la un regim dinamic stabil, chiar dacă acest scurtcircuit este deconectat la un timp mai mare decît 0,6 s de la producerea defectului. Ţinînd seamă şi de faptul că motoarele respective sînt prevăzute cu dispozitiv de forţare a excitaţiei, din analiza regimului dinamic respectiv a rezultat că şi în cazul deconectării circuitului cu defect la circa 2 s de la producerea scurtcircuitului trifazat sistemul se menţine dinamic stabil. Pentru această situaţie a rezultat că şi stabilitatea termică a cablurilor prin care se realizează plecările respective de la barele de 6 kV este asigurată.

În felul acesta s-a ajuns la concluzia că nu este necesar a se prevedea o protecţie diferenţială longitudinală pe aceste plecări de la barele de 6 kV ale staţiei *A*.

Această constatare a dus la importante avantaje economice privind investiţiile necesare pentru realizarea protecţiei prin relee din această staţie.

Toate aceste concluzii sînt valabile numai pentru anumite caracteristici ale reactoarelor montate în staţia *A*.

*

Din analiza regimurilor dinamice caracteristice pentru funcţionarea sistemului de protecţie prin relee din staţia *A* au rezultat următoarele :

a) În cazul întreruperii alimentării unuia dintre cele două sisteme de bare de 6 kV din staţia *A*, datorită deconectării întreruptorului de 6 kV respectiv la defecte în reţeaua de 110 kV sau în transformatorul 110/6 kV, este necesară reanclanşarea în asincron, prin cupla longitudinală, a motoarelor rămase fără alimentare.

Această reanclanşare trebuie să fie automatizată în cazul în care se urmăreşte asigurarea continuităţii de funcţionare a motoarelor sincrone de mare putere. Prin această automatizare va trebui asigurată anclanşarea cuplei longitudinale a barelor de 6 kV la un timp de maximum 2 s de la întreruperea alimentării sistemului de bare de 6 kV respectiv, pentru ca şocul de putere reactivă şi de tensiune să fie în limitele admisibile.

O soluţie pentru asigurarea continuităţii în funcţionarea sincronă a motoarelor de mare putere prevede închiderea cuplei barelor de 6 kV din această staţie la maximum 0,2 s din momentul în care întreruptorul de pe partea de 6 kV a transformatorului de 110/6 kV primeşte impuls pentru deconectare. Pentru scurtcircuite în reţeaua de 110 kV din apropierea staţiei *A*, acest impuls de deconectare trebuie primit de la protecţia de distanţă din staţia *B*.

Este indicat ca primirea impulsului de declanşare din staţia *B* să fie asigurată şi în cazul cînd se acceptă reanclanşarea automată în asincron a motoarelor.

Alegerea uneia dintre cele două soluţii prezentate mai sus va putea fi definitivată numai pe baza unei analize tehnico-economice a soluţiilor.

b) Datorită prezenţei reactoarelor cu anumite caracteristici, pe plecările fără motoare sincrone de la barele de 6 kV ale staţiei *A*, a rezultat că nu este necesar a se prevedea pe aceste plecări o protecţie diferenţială. Deconectarea circuitelor cu defect la un timp de maximum 2 s de la producerea scurtcircuitului menţine funcţionarea dinamic stabilă a motoarelor sincrone din această staţie.

4. Concluzii

Din analiza avariilor caracteristice prezentate mai sus, analiză bazată pe reconstituirea pe cale analitică a regimurilor dinamice provocate de aceste avarii, au rezultat ca necesare următoarele măsuri în vederea îmbunătăţirii protecţiei prin relee din sistemul energetic interconectat al R.P.R.

A. Pentru evitarea extinderii avariilor prin debuclarea reţelei de înaltă tensiune datorită pendulărilor rotoarelor generatoarelor sincrone, pendulări provocate de scurtcircuite în imediata apropiere a barelor de 110 kV ale staţiilor centralelor mari, este necesar ca aceste centrale să fie dotate cu protecţia diferenţială a barelor de 110 kV (pct. 1.3.).

B. Extinderea avariilor datorită pendulărilor periculoase poate avea loc şi în cazul cînd scurtcircuitele trifazate sau bifazate la pămînt din reţeaua de înaltă tensiune nu sînt în imediata apropiere a barelor de 110 kV ale staţiilor, dar se încadrează în prima treaptă a protecţiei de distanţă de pe artera respectivă. Aceasta numai în cazul cînd deconectarea circuitelor cu defect se realizează la un timp mai mare ca 0,3 s din momentul producerii defectului. Deoarece, în situaţia actuală, există artere de 110 kV la care timpul propriu al protecţiei de distanţă corespunzător primei trepte de temporizare, împreună cu timpul propriu al întreruptoarelor de 110 kV respective, duce la un timp total real de deconectare a circuitelor cu defect mai mare ca 0,3 s de la producerea defectului (0,5—0,6 s), este necesar a se lua măsuri cît mai urgente pentru reducerea acestui timp. În anumite situaţii poate rezulta, în urma verificărilor experimentale, necesitatea înlocuirii sistemului de protecţie de distanţă sau chiar a întreruptoarelor de 110 kV existente.

Realizarea interconectării cu sistemele energetice ale ţărilor vecine va justifica în şi mai mare măsură necesitatea reducerii timpului de deconectare a circuitelor cu defect în reţeaua de 110 kV.

C. Pentru ca posibilitatea apariţiei pendulărilor periculoase să fie cît mai redusă, este util să se examineze şi diverse posibilităţi de completare a protecţiei grupurilor generatoare cu puteri nominale peste 20 MW, astfel încît în timpul regimurilor dinamice provocate de scurtcircuite — cînd aceste generatoare funcţionează în regim de motor — să poată fi realizată, în anumite condiţii (vezi pct. 1.3), deconectarea de la reţea a acestor grupuri cu pendulări importante înainte ca ele să poată provoca debuclarea reţelei şi extinderea avariilor.

Această problemă trebuie corelată cu problema reducerii timpilor de deconectare a circuitelor cu defect care se încadrează în prima şi a doua treaptă de temporizare a protecţiei de distanţă din reţeaua de 110 kV.

D. Pentru evitarea debuclării reţelei de înaltă tensiune prin acţionarea protecţiei de distanţă la suprasarcini care se produc concomitent cu scăderea accentuată a tensiunii la barele de 110 kV ale staţiilor, este necesar a se studia posibilităţile de alegere a unui alt tip de caracteristică a elementelor de demaraj al protecţiei de distanţă decît cel existent în momentul de faţă pe anumite artere de 110 kV (vezi pct. 1.3).

E. Alegerea sistemului de protecţie celui mai indicat pentru staţiile de transformare prin care se alimentează consumatorii importanţi (de categoria *I*) trebuie făcută ţinîndu-se seamă de caracteristicile consumatorilor şi de concluziile rezultate din studiul regimurilor dinamice provocate de anumite avarii caracteristice posibile în staţia respectivă sau în imediata ei apropiere, aşa cum a rezultat şi din analiza prezentată la punctul 3.

În felul acesta se poate ajunge, în unele cazuri, la simplificarea sistemului de protecţie prin relee din staţia respectivă sau la modificări esenţiale ale sistemului de protecţie, modificări dictate de condiţiile de realizare a AAR, astfel încît să fie asigurată continuitatea în funcţionare a consumatorilor. Astfel, din avariile caracteristice analizate la punctul 3, au rezultat cu totul alte condiţii pentru sistemul de protecţie prin relee a staţiei respective (prin care se alimentau motoare sincrone mari) decît cele propuse iniţial, fără a se ţine seamă de comportarea motoarelor sincrone la şocurile de putere provocate de scurtcircuite în interiorul staţiei sau în reţeaua de 110 kV, precum şi în cazul întreruperii intempestive a alimentării unuia dintre cele două sisteme de bare de 6 kV ale staţiei.

F. Analiza aprofundată a avariilor extinse care au avut loc în sistemul nostru energetic se dovedeşte a fi de o mare utilitate pentru proiectarea şi reglajul sistemului de protecţie prin relee din sistemul energetic interconectat. După cum a rezultat şi din analiza avariilor expuse mai sus, concluziile unor astfel de studii contribuie în cea mai mare măsură la stabilirea celor mai urgente măsuri pentru îmbunătăţirea sistemului de protecţie prin relee, atît din reţeaua de înaltă tensiune cît şi din reţeaua de joasă tensiune, a staţiilor de transformare şi centralelor. Din această cauză, studiul regimurilor dinamice succesive provocate în timpul desfăşurării unei avarii extinse trebuie efectuat cît mai complet şi cu analiza simultană a desfăşurării regimului dinamic respectiv în mai multe noduri ale reţelei, pentru a deduce modul de variaţie a tensiunilor la barele de 110 kV ale staţiilor, precum şi fluctuaţia puterilor active şi reactive pe liniile de interconexiune şi în generatoarele din centralele mari. Procedeul de studiu cel mai adecvat pentru examinarea unor astfel de probleme s-a dovedit a fi analiza nodală utilizînd curenţii de scurtcircuit, procedeu care oferă mari avantaje, atît ca simplificare a calculelor cît şi, în special, ca posibilităţi de elucidare a fenomenelor complexe care au loc în sistemele energetice interconectate în timpul unor avarii extinse.

Bibliografie

[1] Moraite, G. şi Gheorghiu, M. *Consideraţii asupra acţionării la „false defecte" a protecţiei de distanţă datorită fenomenului de pendulare a rotoarelor generatoarelor.* In : Energetica nr. 7, 1962.

[2] Dimo, P. *Analiza nodală utilizînd curenţii de scurtcircuit în cazul reţelelor complexe.* În : Energetica nr. 8, 1960.

[3] Dimo, P. *Principiul suprapunerii efectelor aplicat nodurilor unei reţele complexe, cale generală şi unitară de analiză a sistemelor electroenergetice.* În : Electrotehnica, nr. 4, 1961.

Probe de scurtcircuit în reţeaua de înaltă tensiune

JEAN POMÎRLEANU şi *MIHAI CIGUSIEVICI** — Bucureşti

O dată cu dezvoltarea sistemelor energetice, studiul funcţionării acestora devine din ce în ce mai complex, impunînd metode şi mijloace de calcul din ce în ce mai complicate. În calcule sau modele de calcul nu se poate ţine întotdeauna seamă de toţi factorii. De aceea se pune bază din ce în ce mai mult pe ideea studierii comportării reţelelor de înaltă tensiune în diverse cazuri de funcţionare prin probe efectuate direct (pe viu) în reţea, în condiţiile reale de funcţionare.

Astfel se realizează în reţea scurtcircuite reale pentru a verifica : calculele curenţilor de scurtcircuit, determinarea constantelor reale ale reţelei, comportarea protecţiei prin relee, comportarea la stabilitatea dinamică a sistemului energetic, comportarea arcului electric, eficacitatea reanclanşărilor automate rapide (RAR) pe linii, valorile supratensiunilor interne etc.

În acelaşi timp se pot realiza scurtcircuite în reţea în scopul verificării comportării aparatajului de înaltă tensiune (întreruptoare, reactoare, bobine de blocaj pentru telefonia de înaltă frecvenţă, separatoare de sarcină, siguranţe sau chiar generatoare şi transformatoare) la curenţi de scurtcircuit pentru determinarea stabilităţii dinamice sau termice, iar la întreruptoare — şi a puterii de rupere.

Aceste probe de scurtcircuit se pot realiza fie pentru a suplini lipsa unor laboratoare speciale de încercare de pe lîngă fabricile constructoare sau de pe lîngă unităţile de exploatare, fie pentru a studia comportarea aparatajului electric de înaltă tensiune în condiţiile reale de exploatare care nu se pot realiza în laborator (defect kilometric, linii lungi etc.).

Realizarea încercărilor directe în reţea, în scopul verificării comportării apratajului de înaltă tensiune, prezintă dezavantajul imposibilităţii reglării după dorinţă, în limite largi, a valorilor curenţilor de scurtcircuit. Pentru aceasta este necesar să se facă calcule de scurtcircuit şi să se aleagă pentru probă un loc în reţea unde aceşti curenţi calculaţi au o valoare apropiată de cea necesară pentru încercare. La alegerea locului probei trebuie să se mai ţină seamă şi de situaţia aparatajului existent în acel punct, dacă acesta permite efectuarea probei, precum şi de siguranţa de funcţionare a consumatorilor din punctul respectiv. Cu toate acestea se pot realiza, din unele combinaţii de schemă (cuplarea sau decuplarea numărului liniilor sau a transformatoarelor de alimentare), cînd acestea sînt posibile, unele valori diferite de curenţi de scurtcircuit. O variaţie a acestor valori diferite în anumite limite se poate, de asemenea, obţine în cazul realizării scurtcircuitului cu un contactor sincron cu viteză foarte mare de închidere, comandat de la un comutator-program, capabil să aleagă momentul închiderii contactorului sincron în oricare din punctele unei semiperioade a tensiunii la care se face încercarea. De asemenea, comutatorul-program trebuie să asigure posibilitatea comandării momentului deschiderii scurtcircuitului şi a conectării şi deconectării aparatelor pentru înregistrarea fenomenelor (oscilografe).

---

* Ing. *J. Pomîrleanu* este şeful Laboratorului de sisteme electroenergetice şi ing. *M. Cigusievici* este şeful Laboratorului de aparataj de înaltă tensiune — I.R.M.E.

O încercare de scurtcircuit s-a realizat în ţara noastră în cursul acestui an într-una din staţiile de 110 kV ale Întreprinderii regionale de electricitate Braşov, pentru verificarea comportării la eforturi electrodinamice a bobinelor de blocaj pentru telefonia de înaltă frecvenţă de 500—600 A, 0,3 mH.

S-a ales această staţie pentru efectuarea încercării, deoarece din calculul curenţilor de scurtcircuit rezulta că aici se poate obţine o valoare apropiată de cea dorită, iar staţia are o schemă de conexiuni care permite o asigurare suficientă a siguranţei de funcţionare a consumatorilor. În plus, în această staţie există o instalaţie fixă pentru verificarea întreruptoarelor de 6 kV la putere de rupere, echipată cu contactor sincron şi comutator-program realizate în ţara noastră de ICET.

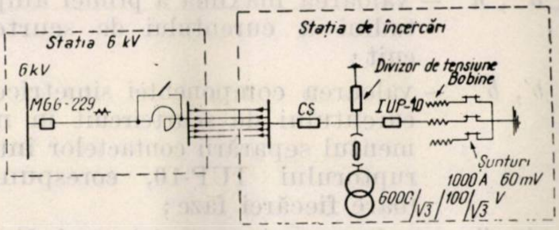


Fig. 1. Schema electrică pentru încercarea întreruptorului IUP-10 şi a bobinelor de blocaj 500—600 A, 0,3 mH.

Cu ocazia acestei probe s-a montat în circuitul bobinelor de încercat şi un întreruptor de tip IUP-10, care a fost şi el încercat la putere de rupere, fiind comandat de comutatorul-program pentru a întrerupe scurtcircuitul.

Încercarea s-a făcut la tensiunea de 6 kV, realizîndu-se un scurtcircuit trifazic.

Au fost încercate simultan trei bobine de acelaşi tip, care au fost conectate într-un montaj în stea conform schemei din figura 1.

În acest montaj s-au realizat trei probe de scurtcircuit.

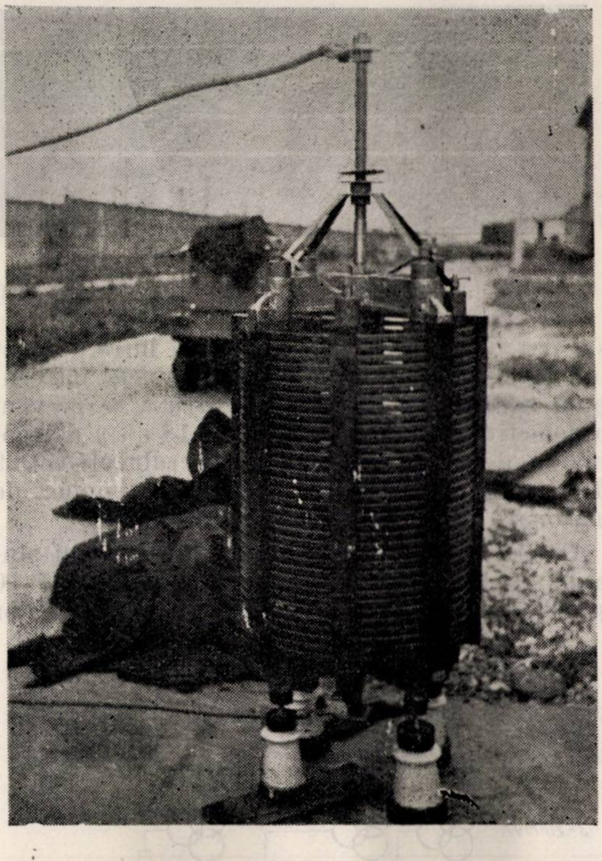


Fig. 2. Bobina de blocaj pentru telefonie I.F. 500—600 A, 0,3 mH.

Montarea bobinelor de blocaj este redată în figurile 2 şi 3.

Pentru conectarea pe scurtcircuit a bobinelor s-au închis în prealabil întreruptorul MGG-229 din staţia de 6 kV şi întreruptorul IUP-10 din staţia de încercări. Bobina de reactanţă din staţia de 6 kV a fost şuntată. S-a închis apoi contactorul sincron (*CS*), în felul acesta realizîndu-se scurtcircuitul trifazic. După circa 0,04 s

Fig. 3. Montarea bobinelor în circuitul de încercare. În cabină, întreruptorul de încercat IUP-10.

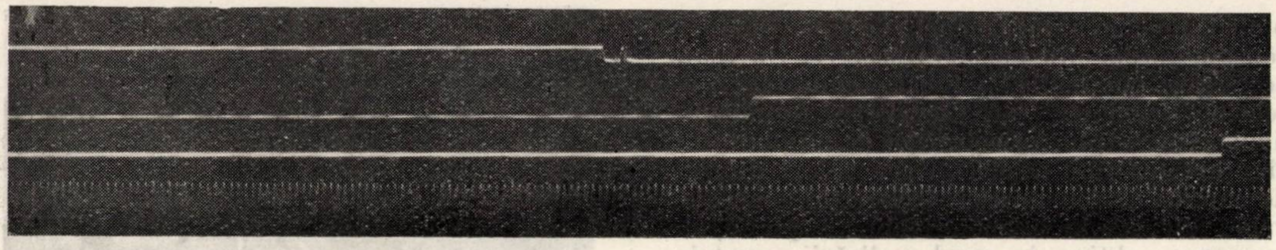


Fig. 4. Oscilograma timpilor de acționare.

s-a dat comanda de deschidere a întreruptorului IUP-10, care deconecta bobinele întrerupînd astfel scurtcircuitul. Pentru a se preveni o defecțiune a acestuia, după 0,18 s s-a dat comanda de deschidere a întreruptorului MGG-229 din stația de 6 kV. Oscilograma timpilor de acționare este redată în figura 4.

Comenzile de închidere a contactorului sincron și de deschidere a întreruptoarelor IUP-10 și MGG-29, precum și conectarea dispozitivelor de înregistrare s-au realizat cu comutatorul-program executat de ICET și instalat fix în stație.

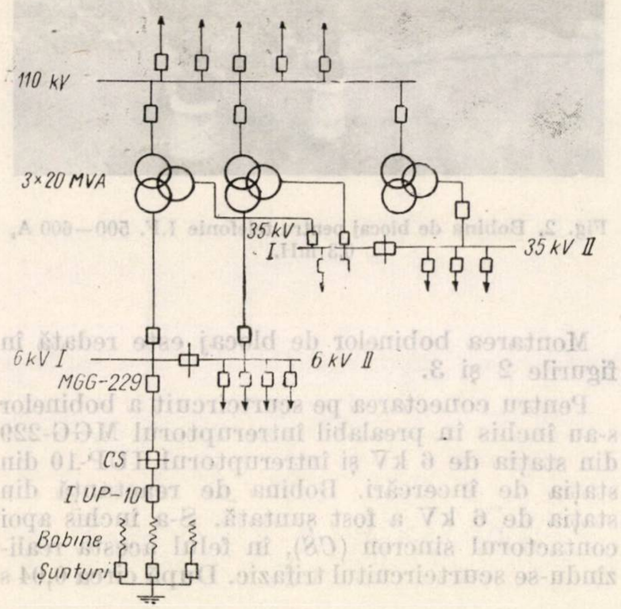


Fig. 5. Schema de conexiuni a stației la prima probă.

Măsurarea curenților pe cele trei faze s-a realizat cu șunturi cu raportul 60 mV/kA. Măsurarea tensiunilor pe fază la bornele bobinei s-a făcut cu transformatoare de tensiune cu raportul $6000/\sqrt{3}/100/\sqrt{3}$ V. Curenții de scurtcircuit și tensiunile la bornele bobinelor au fost înregistrate pe film cu ajutorul unui oscilograf cu bucle tip MPO 2. La una dintre probele efectuate s-a determinat, cu ajutorul unui divizor de tensiune, tensiunea de restabilire, aceasta înregistrîndu-se pe un film cu un oscilograf cu explorare mecanică.

La prima probă, schema de conexiuni a stației era în configurația redată în figura 5.

În conformitate cu calculul de scurtcircuit în configurația arătată trebuiau să se obțină următoarele valori :

$$I_{\underset{t=0}{sc.\ circ.\ ef.}} = 10{,}3 \text{ kA};$$

$$I_{\underset{h=1,8}{soc}} = 26{,}2 \text{ kA};$$

$$P_{sc.\ circ.} = 112 \text{ MVA}.$$

Oscilograma curenților și tensiunilor este redată în figura 6. Cele trei faze apar în ordine cronologică (*R*, *S*, *T*) — de sus în jos — la fiecare fază curentul fiind deasupra tensiunii.

În oscilogramă s-a notat :

a, a', a'' — valoarea maximă a primei amplitudini a curentului de scurtcircuit ;
b, b', b'' — valoarea componentei simetrice a curentului de scurtcircuit în momentul separării contactelor întreruptorului IUP-10, corespunzătoare fiecărei faze ;
c, c', c'' — valoarea componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit în momentul separării contactelor întreruptorului IUP-10, corespunzătoare pe fiecare fază ;
A — momentul apariției scurtcircuitului ;
B — momentul separării contactelor întreruptorului IUP-10 ;
C — momentul separării contactelor întreruptorului de protecție ;
e, e', e'' — valoarea dublă a amplitudinii tensiunii de restabilire de frecvență industrială ;

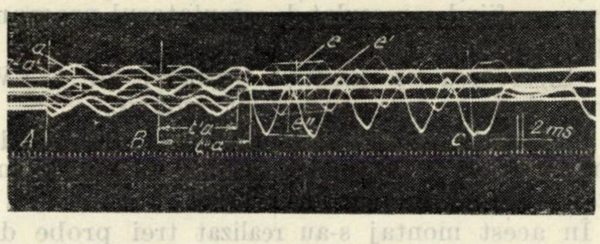


Fig. 6. Oscilograma curenților și tensiunilor la proba 1.

, t''_a — timpul de deconectare a primei, respectiv a celorlalte două faze ale întreruptorului IUP-10 ;

γ — factorul de amplitudine pentru tensiunea de restabilire.

Faza $R_a = 17{,}9$ kA$_{max}$ $b = 11{,}3$ kA$_{max}$

Faza $S_{a'} = 17$ kA$_{max}$ $b' = 19{,}9$ kA$_{max}$

Faza $T_{2''} = 12{,}3$ kA$_{max}$ $b'' = 12{,}3$ kA$_{max}$

$t'_a = 32$ ms. $t''_a = 38$ ms

$c = 4{,}7$ kA $e = 10$ kV$_{max}$

$c' = 5{,}2$ kA $e' = 9{,}65$ kV$_{max}$

$c'' = 0$ $e'' = 9{,}43$ kV$_{max}$

Prelucrînd datele obținute în oscilograma din figura 6, în conformitate cu publicația 56-2 CEI, s-au obținut următoarele :

$U_{ef} = 5{,}95$ kV

$I_{sim} = 8{,}15$ kA$_{ef}$

$P_{sim} = 85$ MVA

$I_{asim} = 9{,}32$ kA$_{ef}$

$P_{asim} = 96$ MVA

$\cos\varphi = 0{,}07$ ind. (aproximativ egal cu cel rezultat din calculul rețelei conform fig. 5)

$\gamma = 1{,}2$

În urma încercărilor efectuate s-a constatat că bobinele de blocaj au rezistat la eforturile electrodinamice fără a suferi vreo modifiare în construcție.

Deoarece în cadrul acestei probe nu s-au obținut valorile dorite pentru I_{soc} (25 kA), s-a considerat că proba trebuie repetată.

La această probă, întreruptorul IUP-10 a deconectat un curent de scurtcircuit de 9,32 kA$_{ef}$, corespunzînd unei puteri de scurtcircuit de 97 MVA la un $\cos\varphi = 0{,}07$.

După deconectare s-a observat la acest întreruptor o emisie de fum și picături de ulei împroșcat. S-a procedat la demontarea contactelor mobile de rupere (vîrf) cît și a contactelor fixe (tulipă) ale întreruptorului. S-a constatat că acestea au suferit o eroziune puternică, pe una dintre faze contactele tulipei sudîndu-se și făcîndu-se astfel imposibilă manevra de închidere manuală a întreruptorului.

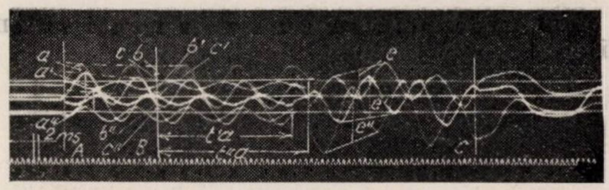


Fig. 8. Oscilograma tensiunii de restabilire.

Contactele-tulipă cît și cele vîrf, după încercare, sînt prezentate în figura 10, respectiv figurile 11 *a* și 11 *b*.

Cea de-a doua probă s-a realizat în aceeași configurație ca prima probă.

Pentru a se obține un curent de scurtcircuit mai mare s-a făcut un reglaj corespunzător la selectorul electronic al comutatorului-program, realizîndu-se astfel valoarea maximă a componentei aperiodice pe faza din mijloc, cu o eroare de aproximativ 10 grade electrice, ceea ce reprezintă dispersia contactorului sincron.

Oscilograma curenților și tensiunilor este redată în figura 7.

La această încercare s-a folosit și oscilograful catodic cu explorare mecanică, pentru înregistrarea variației tensiunii de restabilire determinată cu divizorul de tensiune.

S-au notat în plus față de prima încercare :

$\frac{du}{dt}$ — variația de tensiune ;

f_0 — frecvența tensiunii de restabilire tranzitorie.

Faza R :

$a = 14$ kA$_{max}$ $b = 7{,}85$ kA$_{max}$

$c = 5{,}3$ kA $e = 8{,}58$ kV$_{max}$

Faza S :

$a' = 22$ kA$_{max}$ $b' = 12$ kA$_{max}$

$c' = 9{,}5$ kA $e' = 10{,}65$ kV$_{max}$

Faza T :

$a'' = 21{,}6$ kA$_{max}$ $b'' = 12{,}1$ kA$_{max}$

$c'' = 9{,}46$ kA $e'' = 10{,}4$ kV$_{max}$

$t'_a = 53$ ms $t''_a = 59{,}4$ ms $\cos\varphi = 0{,}07$ ind.

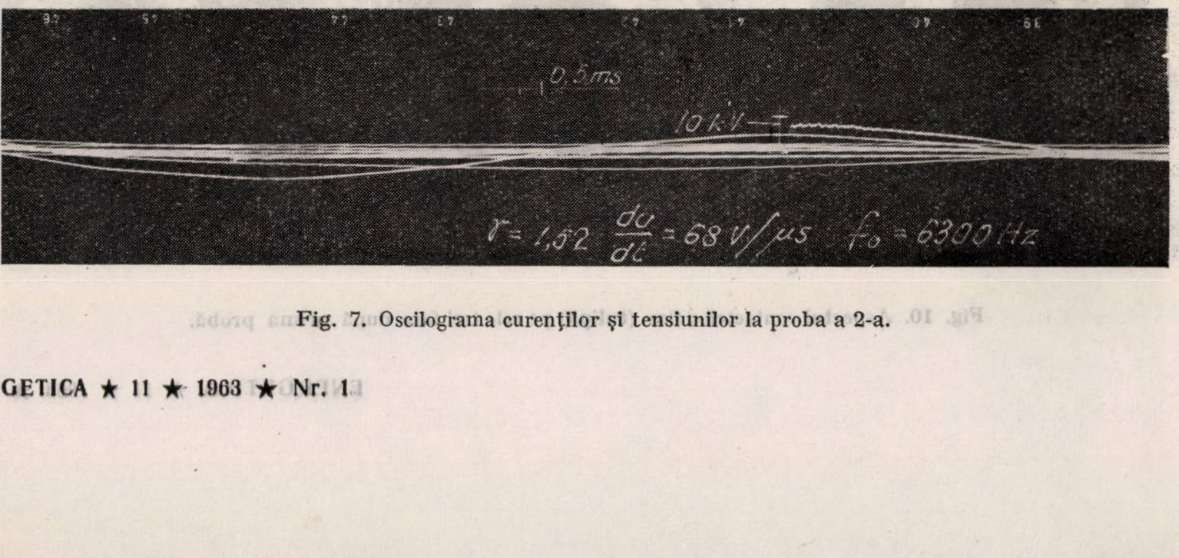


Fig. 7. Oscilograma curenților și tensiunilor la proba a 2-a.

Prelucrînd datele obținute în oscilograma din figura 7, s-au obținut următoarele :

$$U_{ef} = 6{,}32 \text{ kV}$$
$$I_{sim} = 7{,}05 \text{ kA}_{ef}$$
$$P_{sim} = 77{,}5 \text{ MVA}$$
$$I_{asim} = 12{,}75 \text{ kA}_{ef}$$
$$P_{asim} = 140 \text{ MVA}$$
$$\cos\varphi = 0{,}07 \text{ ind.}$$

În urma prelucrării datelor din oscilograma redată în figura 8 s-au obținut următoarele :

$$\gamma = 1{,}52\,;$$
$$\frac{du}{dt} = 68 \text{ V}/\mu\text{s}\,;$$
$$f_0 = 6300 \text{ Hz.}$$

În urma încercărilor efectuate la cea de-a doua probă s-a constatat că bobinele de blocaj au rezistat la eforturile electrodinamice fără a suferi vreo modificare în construcție.

La această probă s-a ajuns aproape de valorile calculate analitic (22 kA) față de 26,2 kA.

Deoarece nu s-au obținut valorile necesare (25 kA), s-a luat hotărîrea să se repete proba.

Pentru efectuarea celei de-a doua probe au fost înlocuite rezervoarele conținînd camerele de rupere cît și vîrfurile contactului mobil al întreruptorului IUP-10 deteriorate la prima încercare. Noile camere de rupere au fost în prealabil reglate și puse la punct de exploatare. După montarea lor și introducerea de ulei nou în întreruptor, personalul de exploatare al stației a efectuat reglajul întreruptorului (simultaneitatea închiderii fazelor, cursa contactului mobil etc.) în conformitate cu instrucțiunile existente.

Acest întreruptor a deconectat la această probă un curent de scurtcircuit de 12,75 kA_{ef}, corespunzînd unei puteri de scurtcircuit de 140 MVA la un $\cos\varphi = 0{,}07$.

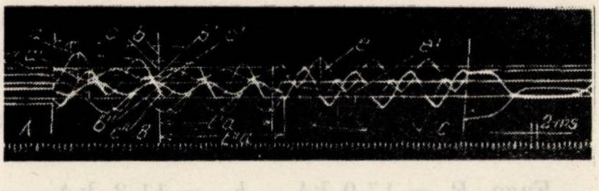


Fig. 9. Oscilograma curenților și tensiunilor la proba a 3-a.

Cu toate că și la această probă s-a observat o emisiune de fum și picături de ulei împroșcat, ținîndu-se seamă că întreruptorul a putut fi manevrat (închis), s-a trecut la cea de-a treia probă, fără a se mai verifica starea contactelor.

Pentru cea de-a treia probă, schema de conexiuni a stației a fost modificată, punîndu-se ambele transformatoare de 20 MVA pe o bară comună de 6 kV (s-a închis cupla dintre bare), de pe care s-a alimentat scurtcircuitul. Astfel, această bară alimenta consumatoarele stației cît și stația de încercări la scurtcircuit. Reglajul selectorului electronic al comutatorului-program a rămas fixat pe poziția avută la încercarea a doua.

În conformitate cu calculul de scurtcircuit în această configurație trebuia să se obțină următoarele valori :

$$\underset{t=0}{I_{sc.\,circ.}}\, ef.\, 0 = 13 \text{ kA}\,;$$
$$\underset{k=1,8}{I_{soc}} = 33 \text{ kA}\,;$$
$$P_{sc.\,circ.} = 141 \text{ MVA.}$$

Oscilograma curenților și tensiunilor este redată în figura 9.

În urma probei s-au obținut următoarele date :

Faza R :

$a = 22{,}5 \text{ kA}_{max}$ $\quad b = 11{,}15 \text{ kA}_{max}$

$c = 7{,}13 \text{ kA}$ $\quad e = 9{,}25 \text{ kV}_{nax}$

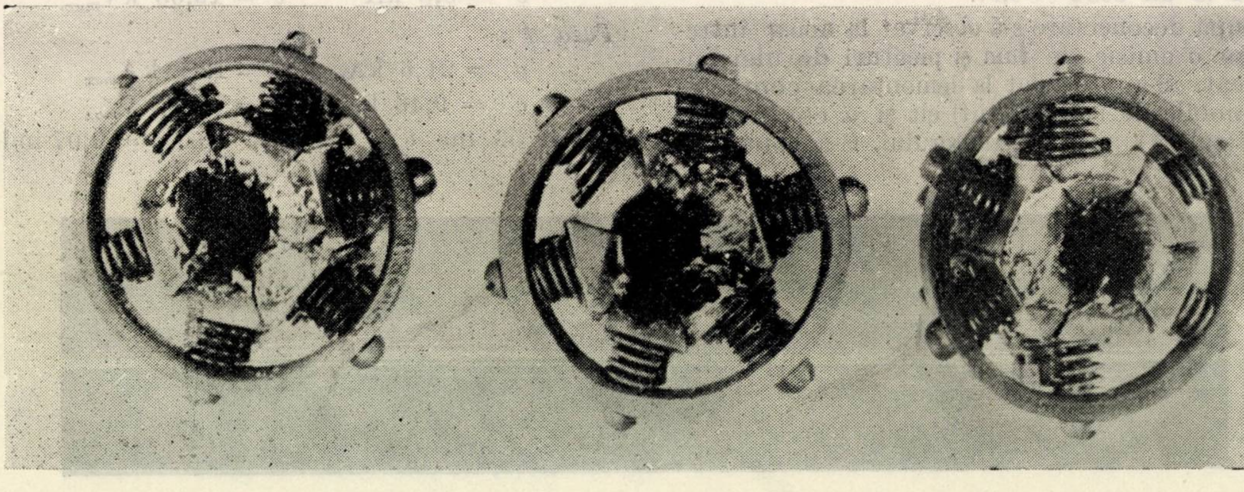


Fig. 10. Aspectul contactelor fixe (tulipă) pe cele trei faze după prima probă.

Faza S:

$$a' = 29\ \text{kA}_{max} \qquad b' = 16{,}5\ \text{kA}_{max}$$

$$c' = 5\ \text{kA} \qquad e' = 9{,}5\ \text{kV}_{max}$$

Faza T:

$$a'' = 27{,}8\ \text{kA}_{max} \qquad b'' = 15{,}75\ \text{kA}_{max}$$

$$c'' = 5{,}78\ \text{kA} \qquad e'' = 8{,}58\ \text{kV}_{max}$$

$$t_a = 8{,}48\ \text{ms} \qquad t''_a = 53\ \text{ms}$$

Prelucrînd datele obţinute în această oscilogramă, s-au obţinut:

$$U_{ef} = 5{,}6\ \text{kV}$$

$$I_{sim} = 10{,}1\ \text{kA}_{ef}$$

$$P_{sim} = 98\ \text{MVA}$$

$$I_{asim} = 12{,}56\ \text{kA}_{ef}$$

$$P_{asim} = 122\ \text{MVA}$$

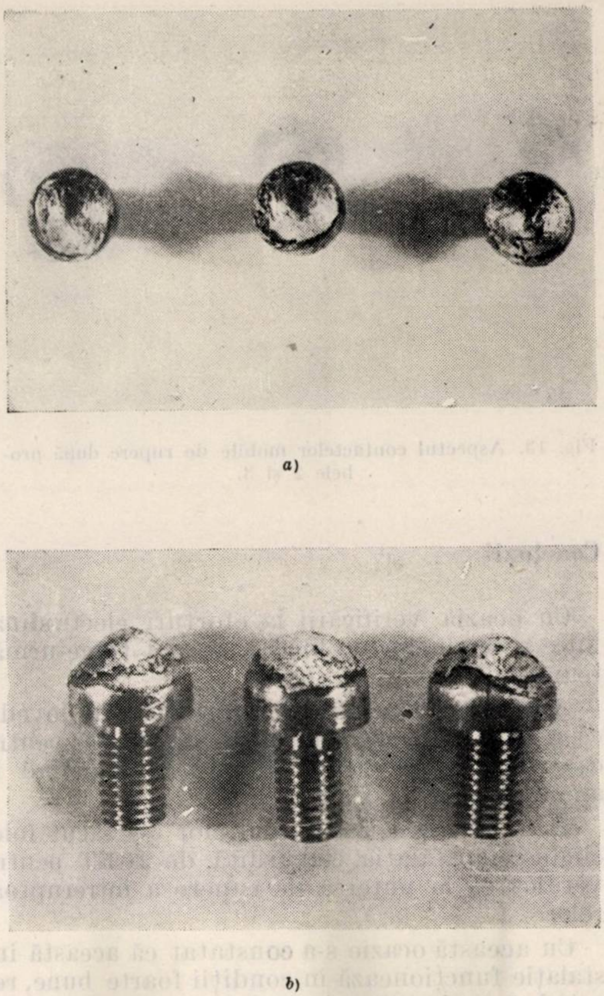
$$\cos \varphi = 0{,}058$$

$$\gamma = 1{,}35$$

La examinarea bobinelor, după efectuarea probelor, nu s-au observat deformări, distrugeri sau deteriorări ale conductorului, izolaţiei sau ale celorlalte elemente componente ale bobinei.

La cea de-a treia probă întreruptorul a deconectat un curent de scurtcircuit de 12,56 kA_{ef}, corespunzînd unei puteri de scurtcircuit de 122 MVA la un $\cos \varphi = 0{,}058$.

Şi la această probă s-a produs o emisie de fum şi picături de ulei împroşcat. S-a procedat la controlul stării contactelor, acestea fiind găsite cu eroziuni puternice atît la contactele mobile cît şi la cele fixe, aşa cum se vede în figurile 12 şi 13.



a)

b)

Fig. 11 a, b. Aspectul contactelor mobile (vîrf) după prima probă.

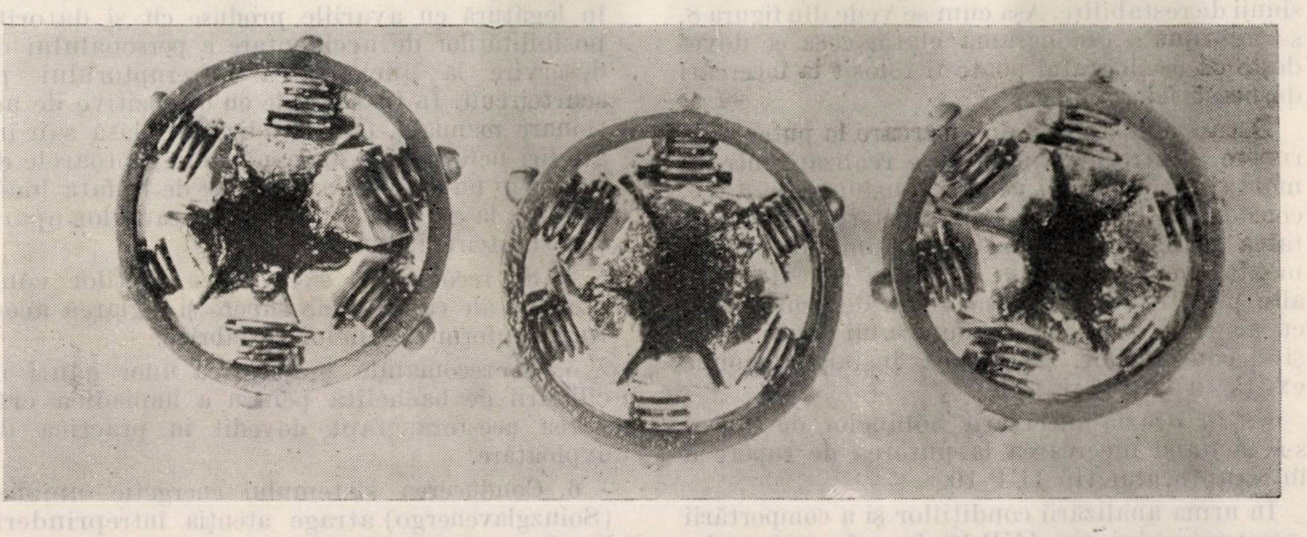


Fig. 12. Aspectul contactelor fixe de rupere după probele 2 şi 3.

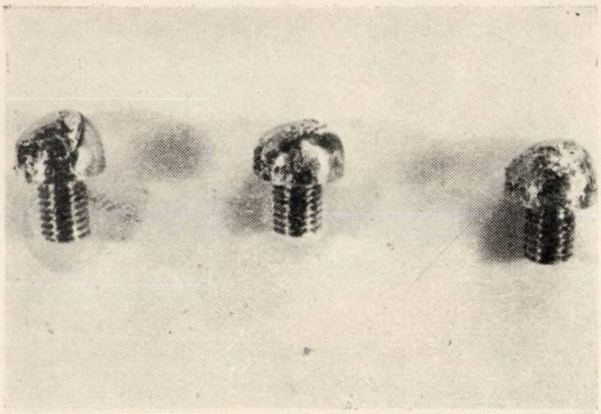


Fig. 13. Aspectul contactelor mobile de rupere după probele 2 şi 3.

Concluzii

Cu ocazia verificării la eforturi electrodinamice a bobinelor de blocaj, se pot trage următoarele concluzii :

A. Bobinele de blocaj încercate s-au dovedit că rezistă la şocuri mai mari decît cele pentru care au fost calculate (25 kA_{max}), rezistînd la amplitudinea de 29 kA_{max} .

B. Realizarea scurtcircuitelor s-a făcut folosindu-se instalaţia construită de ICET pentru verificarea la puterea de rupere a întreruptoarelor.

Cu această ocazie s-a constatat că această instalaţie funcţionează în condiţii foarte bune, reuşind să se aleagă cu destulă precizie (±10 grade electrice) momentul dorit de conectare a scurtcircuitului (momentul trecerii tensiunii prin zero).

În cadrul acestor probe (proba 2) s-a folosit pentru prima oară în R.P.R., la încercări în reţeaua de 6 kV, oscilograful cu explorare mecanică în scopul determinării parametrilor tensiunii de restabilire. Aşa cum se vede din figura 8, s-a obţinut o oscilogramă clară, ceea ce dovedeşte că oscilograful poate fi folosit la încercări de acest fel.

Deoarece instalaţia de încercare la puterea de rupere a întreruptoarelor este realizată într-un montaj fix şi numai pentru tensiunea de 6 kV, considerăm că este necesar a se studia posibilitatea realizării unei instalaţii similare într-un montaj mobil pentru a se putea executa şi în alte puncte din reţea încercări de scurtcircuit cu alegerea precisă a momentului conectărilor şi deconectărilor. Asemenea instalaţii mobile există în alte ţări.

C. Cu ocazia încercării bobinelor de blocaj s-a făcut şi încercarea la puterea de rupere a întreruptorului tip IUP-10.

În urma analizării condiţiilor şi a comportării întreruptorului tip IUP-10 la cele trei probe efectuate, se constată că acest întreruptor funcţionează defectuos la puteri de rupere inferioare valorii garantate pentru tensiunea de 6 kV de 200 MVA pentru care a fost proiectat.

După felul cum se prezintă contactele, se poate presupune că, la puterea de rupere nominală şi aplicîndu-se ciclul de încercări conform normelor CEI, întreruptorul nu ar fi funcţionat corect.

Cu această ocazie, este de remarcat că şi în U.R.S.S. tipul similar de întreruptor VMG-133 (acest tip există şi în ţara noastră, în special la serviciile interne ale centralelor termoelectrice) a ridicat o serie de probleme în exploatare. În acest scop, în noiembrie 1960, la Comitetul de Stat pentru Automatizare şi Construcţii de Maşini din U.R.S.S. s-a ţinut o consfătuire în problema asigurării puterii de rupere a întreruptorului VMG-133, conform datelor de catalog. În urma discutării încercărilor efectuate în „Mosenergo”, „Latvenergo”, filialele EVI şi VNIIE din Leningrad şi fabrica „Uralelektroaparat” asupra întreruptorului tip VMG-133 cu diferite dispozitive de acţionare, precum şi a încercărilor suplimentare efectuate în urma consfătuirii arătate mai sus, conducerea sistemului energetic unional (Soiuzglavenergo) a emis circulara nr. E-2/61 din 9 martie 1961. Această circulară prevede :

1. Regimurile în care pot fi folosite întreruptoarele de tip VMG-133 (tabela 1).

2. Se recomandă folosirea contactelor metaloceramice mai ales în cazurile următoare :

a) în instalaţii cu curenţi de scurtcircuit mai mari de 15 kA;

b) în instalaţii cu ciclu dublu de RAR ;

c) în instalaţii cu dispozitive de acţionare manuale de tip PRBA.

3. Folosirea dispozitivelor de acţionare manuală de tip RBA şi PRBA pentru întreruptoare tip VMG-133 trebuie limitată, aceasta în legătură cu avariile produse cît şi datorită posibilităţilor de accidentare a personalului de deservire la anclanşarea întreruptorului pe scurtcircuit. În instalaţiile cu dispozitive de acţionare manuală, cu îngrădiri din plasă sau îngrădiri nerezistente mecanic, întreruptoarele de acest tip nu trebuie anclanşate de la faţa locului pînă la găsirea şi înlăturarea cauzelor apariţiei scurtcircuitului.

4. Se recomandă examinarea părţilor componente ale camerei de rupere şi reglarea acestora conform desenelor de fabrică.

5. Se recomandă practicarea unor găuri în cilindrii de bachelită pentru a împiedica crăparea acestora, fapt dovedit în practica de exploatare.

6. Conducerea sistemului energetic unional (Soiuzglavenergo) atrage atenţia întreprinderilor de exploatare, în scopul creşterii siguranţei

de exploatare a întreruptoarelor VMG-133, să ia următoarele măsuri :

a) după terminarea reparațiilor să se măsoare viteza deplasării sistemului de contacte care trebuie să fie la declanșare : maximum 3—3,2 m/s ; în momentul desfacerii contactelor 1,75—2 m/s ; la anclanșare cu dispozitive solenoidale de tip PS-16 (la tensiune nominală) maximum 2,6—3 m/s ;

Tabela 1

Condițiile de folosire a întreruptorului VMG-133

Tipul dispozitivului de acționare	Forma de execuție a sistemului de contacte	Ciclul de funcționare	Puterea de rupere sau curentul de rupere	Perioada de revizuire a contactelor
Electromagnetic PS-10	Normal de fabrică	Deconectare fără RAR sau cu RAR cu 1 ciclu	Puterea nominală	După RAR cu 1 ciclu
Idem	Acoperirea contactelor cu materiale sinterizate (contacte metalo-ceramice)	Fără limitare	Puterea nominală	După deconectarea a 6 scurtcircuite sau 2 RAR nereușite
Manual PRBA	Normal de fabrică	$D-P-AD-T-AD$ Timpul protecției$=0$	max. 10 kA	După deconectarea ciclului indicat
Idem	Acoperirea contactelor cu materiale sinterizate (contacte metalo-ceramice)	Idem	max. 20 kA	Idem
Idem	Normal de fabrică	$D-P-D-AD$	max. 10—15 kA	După deconectarea ciclului indicat sau alt ciclu
Idem	Idem	$D-P-AD$	max. 15—20 kA	După deconectarea ciclului indicat
Idem	Idem	$D-P-A-D-P-A-D$	max. 5 kA	Idem
Idem	Acoperirea contactelor cu materiale sinterizate (contacte metalo-ceramice)	Idem	max. 10 kA	Idem
U.G.P.	De fabrică	Deconectare fără RAR	max. 5 kA	După deconectarea unui scurtcircuit

Notații:

D — deconectare la scurtcircuit; P — pauză mai mare de 3 s; A — anclanșare pe scurtcircuit; T — timpul protecției mai mic de 0,5 s.

b) să nu se admită depășirea rezistenței ohmice totale a circuitului de curent, măsurată între bornele întreruptorului la 1000 A 75 $\mu\Omega$, iar la 600 A — 100 $\mu\Omega$;

c) reglajul întreruptorului să se facă conform instrucțiunii de exploatare și reparație a întreruptorului tip VMG-133.

Ținînd seamă de faptul că în țara noastră o bună parte a întreruptoarelor de 6 kV sînt de tipul IUP-10 sau VMG-133, față de încercările făcute și față de circulara E-2/61 din U.R.S.S., considerăm necesar :

a) să fie însușită și în țara noastră circulara E-2/61 pentru întreruptoarele de tip VMG-133 ;

b) să se analizeze comportarea în exploatare a întreruptoarelor de tip IUP-10 cu dispozitive de acționare DMI (PRBA), DSI (PS-10) sau RAI (UGP), pe baza experienței de exploatare acumulată de întreprinderile regionale de electricitate ;

c) să se continue încercările în rețea cu întreruptoarele de tip IUP-10 cu participarea fabricii constructoare pentru a stabili performanțele acestui tip de întreruptor. La aceste încercări să fie verificate întreruptoarele din exploatare pentru a se examina cum se mențin performanțele acestora.

Bibliografie

[1] Ulbricht, R. și Köttnitz, M. : *„Probe de scurtcircuit în rețeaua de 110 kV din R.D.G”*. În : Energietechnik **7** (1957) nr. 4 (aprilie).

[2] Posler, L. : *„Incercări în rețeaua de 220 kV din R.S.C.”* În : Energetik (R.S.C.) nr. 4 și nr. 5 (1957).

[3] Hortopan, G. : *„Un comutator-program pentru încercarea aparatelor de comutație*. În: Electrotehnica **7** (1959) nr. 4 (aprilie).

[4] *Règles de la C.E.I. pour les disjoncteurs a courant alternatif.* Chapitre I. *Règles relatives au fonctionnement lors le court-circuits.* Publication nr. 56.

[5] Starr, E. C. și Harrington, E. J. : *„L'essai des disjoncteurs au lieu de service”*. Publicație CIGRE Raport nr. 109 din 1960.

[6] * * * *„O comutaționii spasobnosti vicluciatelii tipa VMG-133”*. În : Electriceskie Stanții **32** (1961) nr. 7.

[7] Hortopan, G. și Marinescu, I. : *„O stație de încercări directe în rețeaua de înaltă tensiune”*. În: Electrotehnica **9** (1961) nr. 10 (octombrie).

[8] Teodorovici, O. K. și Levcenko, G. V. : *„Opît rabotî kontaktor izmetallo-keramiceskih kompoziții na osnove wolframa v moșnîh vîkliuceateleah”*. În: Elektricestvo **82** (1962) nr. 2 (februarie).

NOTĂ. Autorii mulțumesc pe această cale conducerii Întreprinderii regionale de electricitate Brașov și personalului Stației pentru ajutorul acordat la realizarea probelor. Autorii mulțumesc pe această cale conducerii ICET și cercetătorilor institutului pentru buna colaborare la efectuarea acestor probe.

Măsurarea curenţilor capacitivi de punere la pămînt într-o reţea de 35 kV cu neutrul izolat

*NICOLAE RADU** – Bucureşti

Sistemul de 35 kV al unei IRE, a cărui configuraţie este dată în figura 1, prezintă un curent capacitiv de punere la pămînt antecalculat de 128 A. Pe aceeaşi figură s-au trecut şi valorile curenţilor capacitivi — rezultaţi din calcul — pe diverse linii.

Reţeaua este compensată prin trei bobine de stingere avînd fiecare 1100 kVA, legate la neutrul transformatoarelor de 110/35/6 kV.

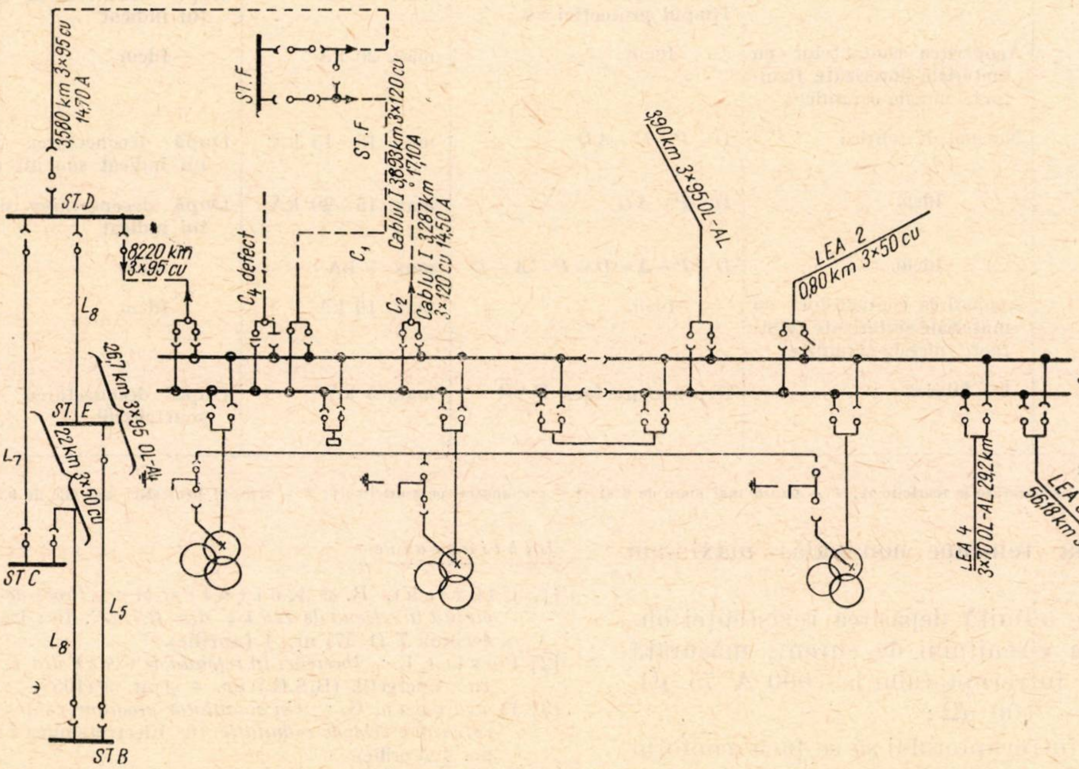

3580 km 3×95 cu
14,70 A
ST. F
ST. F
Cablul T 3893 km 3×120 cu
17,10 A
Cablul I 3287 km
3×120 cu 14,50 A
ST. D
8220 km
3×95 cu
C₄ defect
C₁
C₂
L₈
267 km 3×95 OL-Al
ST. E
L₇
22 km 3×50 cu
ST C
L₅
L₈
ST B
3,90 km 3×95 OL-AL
LEA 2
0,80 km 3×50 cu
Staţia „A"
LEA 4
3×70 OL-AL 29,2 km
LEA 3
56,18 km 3×120 OL-AL

Fig. 1.

Măsurătoarea s-a executat în scopul alegerii juste a acordului bobinelor de stingere.

Din măsurători s-au determinat:

a) tensiunea de nesimetrie a reţelei, U_{ns};

b) tensiunea de deplasare a neutrului, U_0, pentru diverse acorduri ale bobinei de stingere şi pentru diverse sectoare ale reţelei;

c) curentul capacitiv de punere la pămînt, I_c, pe întreg sistemul şi pe diverse sectoare ale reţelei;

d) curenţii de compensare reali, I_B, pentru fiecare bobină de stingere în parte;

e) curenţii de punere la pămînt, I_{pp}, pentru diverse acorduri ale bobinei de stingere.

În privinţa executării măsurătorilor, s-a căutat ca:

— să nu se cauzeze manevre operative complicate;

— să nu existe pericol pentru personalul care execută măsurătoarea;

— să nu se cauzeze limitări în privinţa alimentării consumatorilor;

— eroarea măsurătorilor să nu depăşească 3–4%, întrebuinţîndu-se în acest scop aparate de măsură de clasa 0,2.

1. Măsurarea tensiunii de nesimetrie

Bobinele de stingere se deconectează de la bara de nul a transformatoarelor.

Măsurarea unor astfel de tensiuni — care în reţelele de 35 kV pot atinge valori între 100 şi

---

* *N. Radu* este inginer la Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME).

400 V – prin folosirea unor transformatoare de tensiune, dă de regulă rezultate inexacte ; de aceea s-a folosit un transformator de tensiune cu tensiunea nominală mai scăzută, de 6 kV.

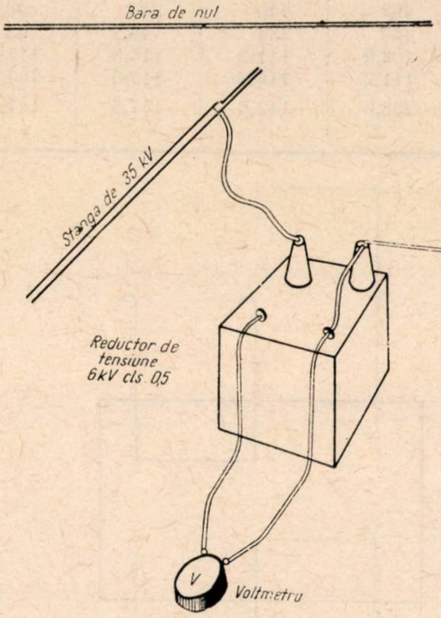


Fig. 2.

După cum se arată în figura 2, o bornă a înfăşurării primare a transformatorului de tensiune s-a legat la pămînt, iar cealaltă bornă — la vîrful unei stăngi izolante de manevră.

La înfăşurarea secundară a transformatorului de tensiune s-a conectat un voltmetru de clasa 0,2, cu limitele de măsură între 7,5 şi 60 V.

Măsurătoarea s-a făcut prin scurta atingere a vîrfului stăngii de bara de nul. În timpul măsurătorii s-a făcut un control permanent asupra stării izolaţiei reţelei, prin conectarea unui voltmetru la înfăşurarea în triunghi deschis a reductorului de tensiune montat pe barele colectoare.

S-au obţinut valorile redate în tabela 1.

Tabela 1

Configuraţia reţelei	U_{ns} (V)
$L1 + L2 + L3 + L4$	64,8
$C1 + C2 + C4 + C5 + L5 + L6 + $ $+ L7 + L8$	13,2
Întreaga reţea	18,2

În reţelele de cabluri, nesimetria capacităţilor fazelor faţă de pămînt este practic nulă ; dacă socotim că din valoarea totală a curenţilor capacitivi un procent de 78,5% se datoreşte liniilor în cablu, valorile scăzute obţinute pentru U_{ns} sînt pe deplin justificate.

2. Măsurarea tensiunii de deplasare a neutrului

Pentru măsurarea tensiunii de deplasare a neutrului U_0 s-au conectat cele trei bobine de stingere la bara de nul, utilizîndu-se aceeaşi metodă şi schemă de măsură ca şi în cazul măsurării tensiunii de nesimetrie.

În cazul în care în reţea nu există nesimetria necesară acestor măsurători, se poate crea o nesimetrie artificială prin deconectarea unei faze a unui cablu care se află în rezervă.

Lungimea fazei deconectate, care trebuie să fie astfel aleasă încît tensiunea de nesimetrie să fie de 1,5–2% din tensiunea normală a fazei, se calculează din relaţia [2]:

$$l_c = \frac{3 I_c U_{01}}{I_{csp}} .$$

unde I_c şi I_{csp} sînt valorile curentului capacitiv total de punere la pămînt, respectiv curentul capacitiv de punere la pămînt specific al cablului a cărei fază urmează a fi deconectată, raportat la tensiunea nominală a reţelei (A/km).

S-a deconectat cablul $C2$, care ar trebui să aibă o lungime de $l_c = \frac{3 \times 102,05 \times 0,015}{4,4} = 1,04$ km.

În realitate, deoarece cablul $C2$ are $l_c \neq 1,04$, rezultă

$$U_{01} = \frac{I_{csp}}{3 I_c} = \frac{3,287 \times 4,4}{3 \times 102,05} = 0,0468,$$ adică 4,68% din U_{f0}.

S-au obţinut rezultatele redate în tabela 2.

Tabela 2

Nr. crt.	Curenţii de compensare			Tensiunea de deplasare a neutrului U_0, V
	I_{B1}, A	I_{B2}, A	I_{B3}, A	
1	—	—	24,3	19,8
2	—	—	38,6	24
3	23	23,8	38,6	39
4	—	38	38,6	52,8
5	24	38	38,6	184,8
6	32,2	38	38,6	462
7	40,2	38	33	450
8	40,2	38	38,6	234
9	46,5	38	38,6	93
10	46,5	46	46	46

Pentru ridicarea curbei $U_0 = f(I_B)$ s-au comutat bobinele de stingere pe ploturile corespunzătoare curenţilor de compensare din tabela 2. Măsurătoarea s-a făcut începînd cu cel mai mare dezacord care se poate stabili în reţea în sensul subcompensării.

Din aceste rezultate se poate calcula valoarea aproximativă a curentului capacitiv total al reţelei :

$$I_c' = \frac{I_2 - \frac{U_{01}}{U_{02}} I_1}{\frac{U_{01}}{U_{02}}},$$

Tabela 3

Nr. măsurătorii, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_{01}	19,8	24	39	52,8	184,8	462	450	234	46,2
U_{02}	24	39	52,8	184,8	462	450	234	46,2	33
I_1	24,3	38,6	62,4	76,6	100,6	108,2	111,2	116,8	117,5
I_2	38,6	62,4	76,6	100,6	108,2	111,2	116,8	117,5	124,2
I_c'	106,2	100,5	117,0	110,0	113,0	238,0	112,0	117,5	141,5

unde I_1, I_2 sînt valorile curenților de compensare stabilite în fișa tehnică a bobinei, iar U_{01} și U_{02} — tensiunile corespunzătoare de deplasare a neutrului.

Pentru calculul valorii curentului capacitiv, este necesar să se ia tensiunea de deplasare a neutrului pe porțiunea subcompensării sau pe porțiunea supracompensării.

Valoarea curentului capacitiv se calculează ca medie aritmetică a tuturor valorilor I_c':

$$I_c = \frac{\sum_{1}^{n} I_c'}{n}$$

Valorile obținute sînt redate în tabela 3.

$$I_c = \frac{106{,}2 + 100{,}5 + 100 + 113 + 112}{5} = 108 \text{ A}.$$

3. Determinarea valorii curentului capacitiv prin punerea metalică la pămînt a unei faze

Măsurarea s-a efectuat prin punerea directă la pămînt cu ajutorul întreruptorului din celula

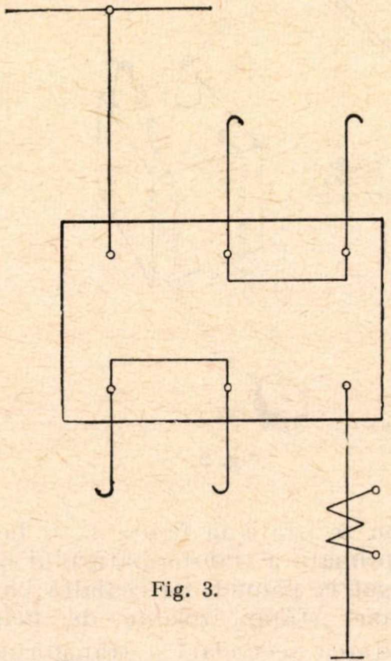


Fig. 3.

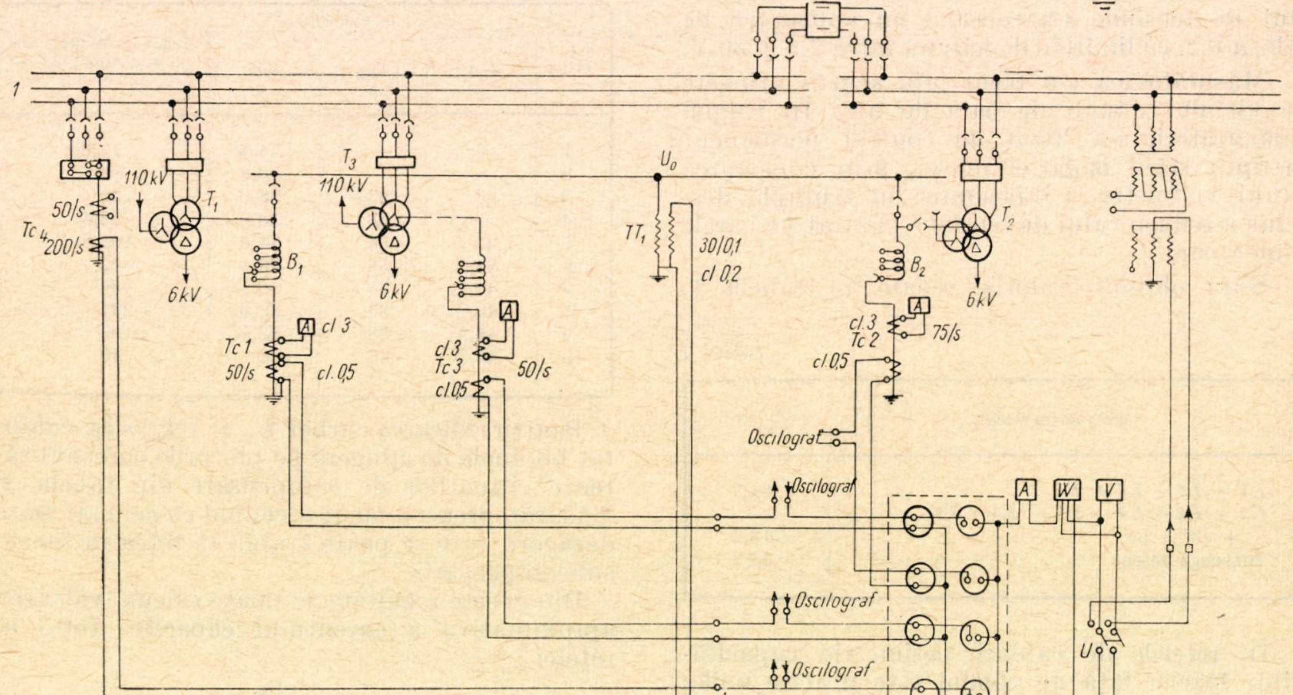

1
110kV
T_1
50/s
Tc_4
200/s
6kV
B_1
Tc1
50/s
A
cl 3
cl.0,5
T_3
110kV
6kV
A
cl.3
Tc3
cl.0,5
50/s
U_0
TT_1
30/0,1
cl 0,2
B_2
T_2
6kV
A
cl.3
Tc 2
75/s
cl.0,5
Oscilograf
Oscilograf
Oscilograf
Oscilograf
A
W
V
U

Fig. 4.

cablului C_3 (defect la data măsurătorii). Funcționarea întreruptorului a fost verificată anterior, iar protecția maximală de curent pe plecarea C3 a fost reglată astfel ca să acționeze la un curent de 5 I_c (510 A) instantaneu în cazul cînd ar apărea o a doua punere la pămînt în rețea.

Pentru a mări locurile de rupere a curentului, spațiile disruptive ale celor trei faze ale întreruptorului au fost înseriate ca în figura 3. Pe legătura de punere la pămînt s-a montat transformatorul de curent TC_4 pentru măsurarea curentului de punere la pămînt (I_{pp}).

Transformatoarele de curent TC_1, TC_2, TC_3 (fig. 4) servesc la măsurarea curenților de compensare I_{B1}, I_{B2}, I_{B3} ai celor trei bobine de stingere.

Pentru măsurarea tensiunii pe neutru (U_0) s-a montat transformatorul de tensiune TT_1 (35/0,1 kV, cl. 0,2). Pentru același scop s-ar fi putut folosi înfășurarea în triunghi deschis a transformatorului de tensiune TT_2, montat pe barele colectoare, însă clasa sa de precizie este scăzută.

Componentele reactive ale curenților I_c, I_{pp}, I_B se determină din valorile puterilor reactive măsurate cu wattmetrul W și tensiunea între fazele sănătoase U_{23} (care se măsoară cu voltmetrul V). Componentele active se determină din puterile active măsurate la același wattmetru și din tensiunea măsurată pe punctul neutru cu voltmetrul V.

Astfel, componentele reactive se determină din relația :

$$I_r[\mathrm{A}] = \frac{W_r[\mathrm{VAr}]}{U_{23}[\mathrm{V}]},$$

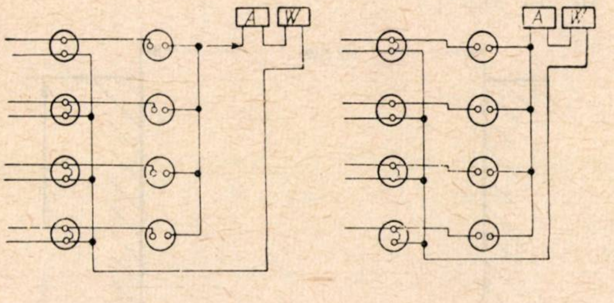
iar componentele active din relația :

$$I_0[\mathrm{A}] = \frac{W_0[\mathrm{W}]}{U_0[\mathrm{V}]}.$$

În tabela 4 se dau rezultatele obținute.

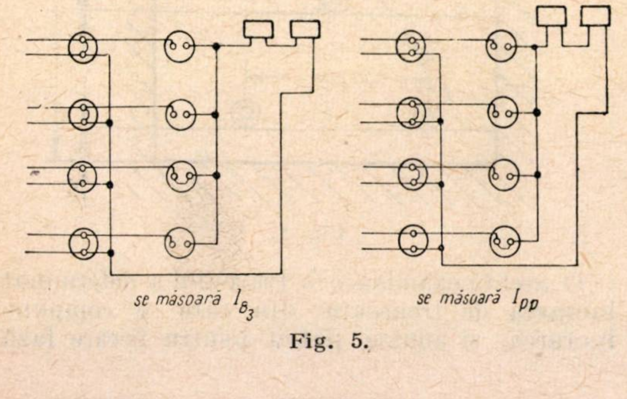
Tabela 4

Numărul măsurătorii	I_{pp}, A	I_{B1}, A	I_{B2}, A	I_{B3}, A	U_0, V	U_{23}, V
Regim de subcompensare 13%	2,9+j8,8	0,8 + j27,3	0,445 + j20,2	1,2 + j33,9	20 300	34 300
Regim apropiat de rezonanță	3,34 – j3,05	0,688 + j26,9	0,89 + j32,3	1,335 + j33,5	20 200	34 400
Regim de supracompensare 13%	3,85 – j16,7	1,36 + j40	0,905 + j32,3	1,225 + j33,1	19 850	34 100
Regim de supracompensare 27%	4,46 – j32,3	1,245 + j39,6	1,715 + j40,0	1,335 + j41,2	20 200	34 100



Se măsoară curentul de compresiune al bobinei 1(I_{B_1})

se măsoară I_{B_2}



se măsoară I_{B_3}

se măsoară I_{pp}

Fig. 5.

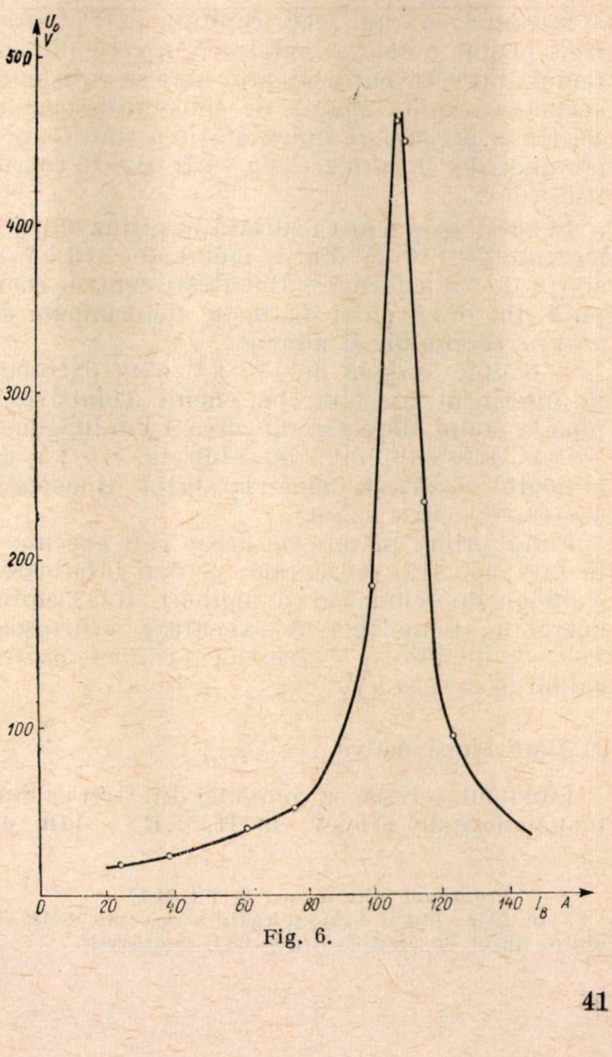


Fig. 6.

Concomitent cu măsurarea mărimilor amintite s-au oscilografiat:

— tensiunea pe faza sănătoasă, U_3;

— tensiunea pe faza care se pune la pămînt, U_1;

— curentul de punere la pămînt, I_{pp};

— curenţii de compensare daţi de cele trei bobine de stingere, I_{B1}, I_{B2}, I_{B3}.

Din rezultatele obţinute s-a putut stabili care sînt ploturile bobinei pentru care se obţine în reţea un regim de compensare apropiat de rezonanţă.

O compensare perfectă la rezonanţă nu se poate obţine, deoarece variaţia curenţilor este discontinuă.

Prin locul defect va trece un curent necompensat, a cărui valoare este:

$$I_{rez} = I_0' + (v I_{pp}^2),$$

unde $I_0 = \frac{U_{f0}}{R}$ este componenta activă a curentului rezidual care nu poate fi compensată.

Se observă că valoarea componentei ($v I_{pp}$) — unde $v = \frac{I_c - I_B}{I_c}$ reprezintă gradul de dezacord — este cu atît mai mică, cu cît gradul de dezacord este mai mic.

Bibliografie

[1] Lihacev, F. A. *Vibor, ustanovka i ekspluataţia dugogasiaşcih aparatov.* Moscova-G.E.I. 1955

[2] Lihacev, F. A. *Vostanovlenie napriajenia na povrejdenoi faze posle gaşenia zazemliaiuşcei dughi.* În: Elektriceskie stanţii nr. 8, 1960.

[3] Dolghinov, A. I. *Perenapriajenia v elektriceskih sistemah.* Moskva, G.E.I. 1962.

[4] Willheim, R. şi Waters M. *Zazemlenie neitrali v visokovoltnih sistemah* Moscova G.E.I. 1959.

[5] *Recomandări privind alegerea, instalarea şi exploatarea bobinelor de stingere.*

[6] Ionaşcu, Gh. *Măsurători în reţelele cu neutrul izolat sau compensat prin bobine de stingere.* În: Energetica, 81, 1962.

[7] Groza, L. *Alegerea caracteristicilor şi funcţionarea bobinelor de stingere.* În: Energetica, nr. 2/1956.

Executarea manşoanelor de înnădire şi a capetelor terminale la cablurile de 110 kV cu circulaţie de ulei

VASILE PROROCEANU[*] — Bucureşti

Începînd cu anul 1960, capitala patriei noastre a primit o nouă şi puternică injecţie din sistemul energetic naţional, prin care se va asigura acoperirea noilor sporuri de consum de energie electrică, precum şi îmbunătăţirea simţitoare a parametrilor la care aceasta va fi livrată consumatorilor.

În acest scop a fost realizată în prima etapă[**] legătura de 110 kV dintre inelul de 110 kV şi staţia de transformare Bucureşti-centru, compusă din două părţi distincte determinate de natura terenului, şi anume:

— o linie aeriană de 110 kV care pătrunde în interiorul oraşului, pe cheiul Dîmboviţei, pînă la podul Mărăşeşti, de circa 4 km lungime;

— o linie subterană în cablu de 110 kV de la podul Mărăşeşti pînă la staţia Bucureşti-centru, de circa 2 km.

Fiind prima lucrare de acest gen executată în ţara noastră, prezentăm, pentru informarea cadrelor de tehnicieni şi ingineri din sectorul energetic, tehnologia de executare a manşoanelor de înnădire şi a capetelor terminale pentru cablurile de 110 kV.

1. Date constructive

Linia subterană se compune din trei cabluri monopolare de 110 kV tip H.Of.R. — 110, cu circulaţie de ulei de joasă presiune, cu secţiunea de 170 mm².

Cablurile au fost îngropate direct în pămînt la o adîncime de 1,40 m şi au fost dispuse în vîrfurile unui triunghi echilateral cu latura de 30 cm (fig. 1).

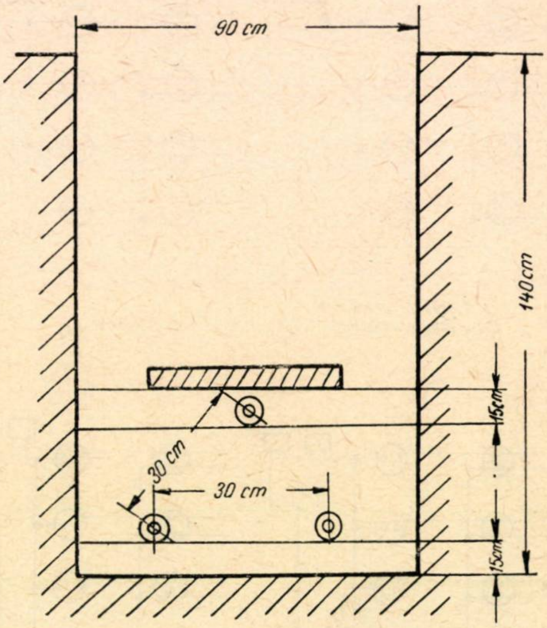


Fig. 1,

O atentă examinare a traseului a determinat lucrarea de tronsoane din care se compune lucrarea, şi anume patru pentru fiecare fază cu lungimi variind între 450 şi 525 m, inclusiv rezervele de la capete.

---

[*] *V. Proroceanu* este inginer la T.C.M.E.

[**] În 1952 a fost realizată şi legătura în cablu de 110 kV dintre staţia Bucureşti-centru şi CTE Grozăveşti.

Deoarece denivelarea dintre cele două capete ale cablului nu este prea mare, şi deci presiunea statică nu depăşeşte 1,5 at, nu s-au prevăzut manşoane de joncţiune speciale (de oprire sau de trecere).

Faţă de condiţiile de funcţionare a cablului, sistemul de alimentare cu ulei se compune din nouă rezervoare de alimentare, cîte trei pe fiecare fază, şi anume :

— două rezervoare cu presiune constantă (cădere liberă) la capetele din staţia de transformare ;

— un rezervor cu presiune variabilă (de presiune) la capătul racordării cu linia aeriană.

Pentru asigurarea protecţiei cablurilor de telecomunicaţii aflate în paralel şi la mică distanţă şi a unei circulaţii egale de curenţi în cămăşile de plumb ale celor trei cabluri, s-au efectuat rotiri de fază la manşoanele de joncţiune.

Cablul cu circulaţie de ulei de joasă presiune de tip H.Of.R. — 110 (fig. 2) este un cablu monopolar cu canal central ; conductorul este construit din două straturi circulare de sîrmă de cupru, aşezate în jurul canalului central, format dintr-o bandă de oţel dispusă în spirală. În tabela 1 sînt redate dimensiunile constructive ale cablului. El are o greutate de 6,8 kg/m l şi o rază minimă de curbură de 0,75 m.

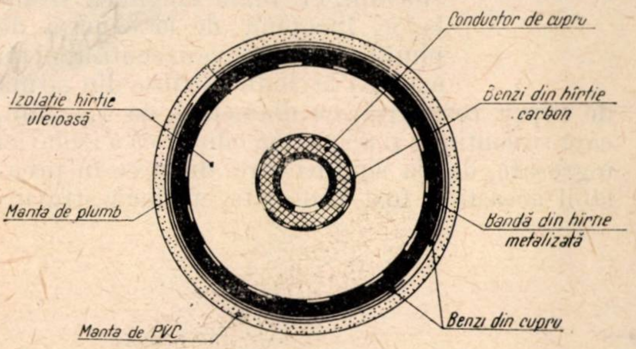


Fig. 2.

Tabela 1

Secţiunea nominală, mm²	Grosime		Diametrul deasupra mantalei de plumb, mm	Grosime		Diametrul exterior, mm
	izolaţie, mm	manta de plumb, mm		benzi din cupru tare, mm	înveliş de protecţie, mm	
1 × 170	8,5	1,9	43,8	0,3	2,8	52

2. Executarea manşoanelor de înnădire

Operaţiile de desfăşurare şi pozare a cablurilor cu circulaţie de ulei de 110 kV nu se deosebesc esenţial de ale cablurilor normale cu masă vîscoasă ; aceste operaţii sînt într-o anumită măsură uşurate, deoarece aceste cabluri sînt protejate în exterior de un înveliş din policlorură de vinil şi au o greutate specifică mai mică.

Tehnologia de executare a manşoanelor de înnădire şi a capetelor terminale este însă total diferită de aceea a cablurilor normale ; această deosebire se datoreşte realizării constructive şi modului de funcţionare a cablurilor cu circulaţie de ulei, diferite de acelea ale cablurilor normale cu masă vîscoasă.

Operaţiile mai importante care constituie procesul tehnologic la executarea manşoanelor de înnădire sînt :

— organizarea locului de lucru ;

— pregătirea cablurilor în vederea manşonării ;

— pregătirea capetelor de cablu pentru manşonare ;

— tăierea şi mufarea cablurilor ;

— refacerea izolaţiei ;

— îngroşarea izolaţiei şi executarea ecranării ;

— închiderea înnădirii (montarea manşonului de protecţie), tratarea şi umplerea cu ulei ;

— protejarea manşonului.

Pe scurt, aceste operaţii se efectuează astfel :

2.1. În locurile de amplasare a manşoanelor de înnădire se sapă gropi de 6,5 × 2 × 1,8 m, care să asigure aşezarea celor trei manşoane, precum şi spaţiul necesar pentru executarea în bune condiţii a operaţiilor de înnădire. Pentru a asigura protecţia manşoanelor contra prafului şi umezelii, deasupra acestor gropi se montează corturi de 6 × 6 m.

2.2. În scopul acoperirii pierderilor de ulei în timpul executării înnădirilor, trebuie realizată schema hidraulică din figura 3,B, prin legarea între ele a tuturor capetelor tronsoanelor de cablu, cu excepţia celor două care se înnădesc.

2.3. Pregătirea capetelor de cablu constă în aşezarea lor în groapă la intervalele cerute, asigurarea rezervei, alăturarea lor pentru executarea îmbinării, desfacerea şi înlăturarea învelişului exterior de protecţie din policlorură de vinil şi a benzilor de cupru la fiecare capăt, pe o lungime de aproximativ 1 m, şi curăţarea cămăşii de plumb cu bumbac îmbibat cu benzină.

2.4. Tăierea şi mufarea cablurilor. Se marchează pe cămaşa de plumb a fiecărui capăt lungimea de desfacere a izolaţiei cablului pentru mufarea conductoarelor (2 × 43 mm), aceea pentru refacerea şi îngroşarea izolaţiei şi locul de tăiere a cablurilor pentru mufare. După aceea se trece la tăierea capetelor celor două tronsoane de cablu la locurile marcate şi apoi la închiderea canalelor centrale ale acestora cu ajutorul unor tuburi de oţel de 80 mm lungime (fig. 4).

Înnădirea tronsoanelor se face prin mufarea capetelor respective, după înlăturarea izolației de hîrtie, presînd cu o presă hidraulică firele de cupru ale conductoarelor între tuburile de oțel din canalul central și un manșon de cupru

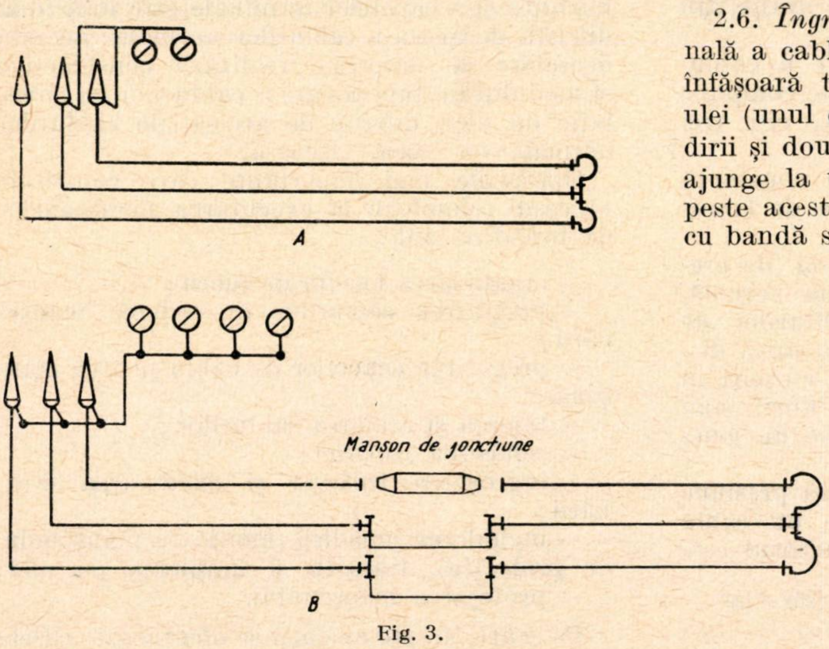


Fig. 3.

de 85 mm lungime, asigurîndu-se astfel atît continuitatea electrică cît și cea hidraulică, prin orificiile tuburilor de oțel; presarea se face pe două direcții perpendiculare.

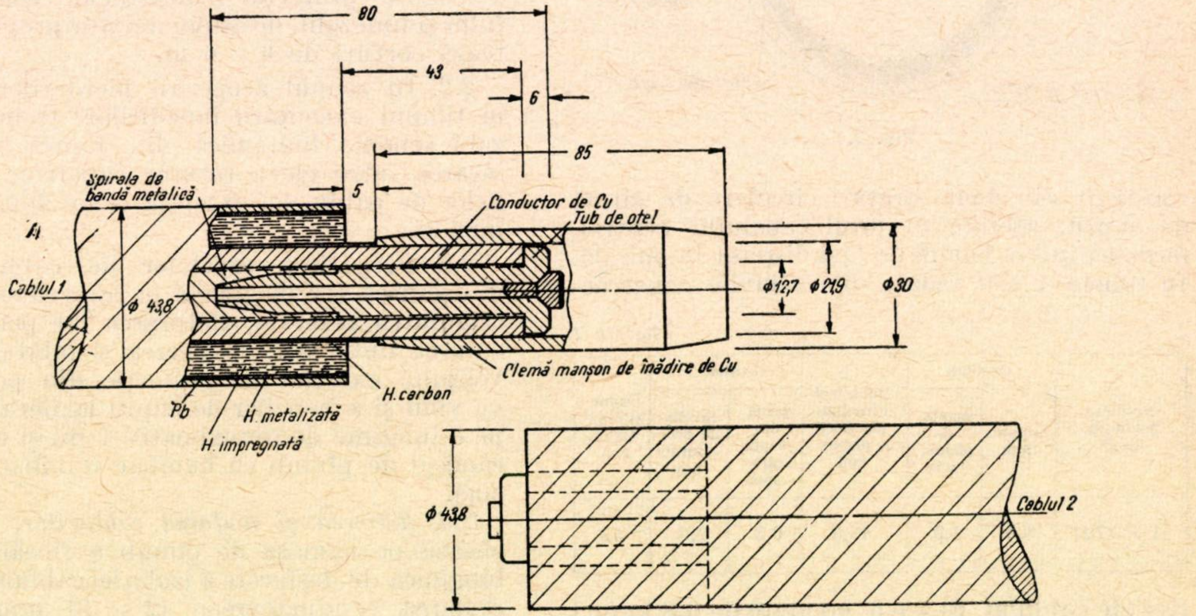


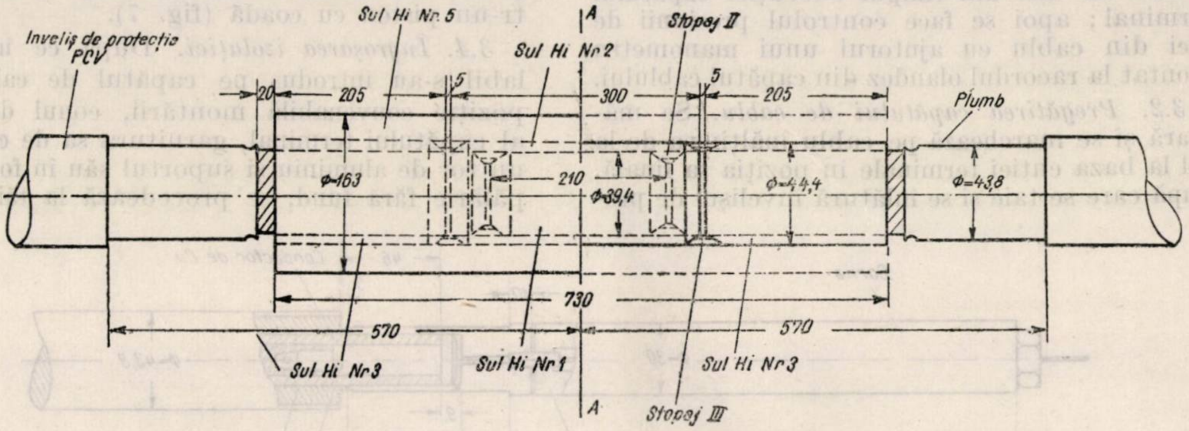
Fig. 4.

2.5. Refacerea izolației. Pe o lungime de 62 mm de o parte și de alta a clemei de înnădire se desface izolația originală a cablului pînă la un diametru egal cu acela al clemei (30 mm), iar apoi, după executarea unei înfășurări de stopaj cu bandă sterling la capete se procedează la refacerea izolației cablului la înnădire cu ajutorul unui sul de hîrtie impregnată cu ulei, cu lățimea variabilă de 210–170 mm (fig. 5).

2.6. *Îngroșarea izolației.* Peste izolația originală a cablului și pe o lungime de 730 mm se înfășoară trei suluri de hîrtie impregnată cu ulei (unul de 330 mm lățime la mijlocul înnădirii și două a cîte 205 mm la capete), pînă se ajunge la un diametru exterior de 44,4 mm; peste acestea — după ce s-au executat stopaje cu bandă sterling la cele două intervale dintre ele — se înfășoară un ultim sul de hîrtie impregnată de 730 mm lățime, pînă la un diametru exterior al înnădirii de 77 mm (fig. 5).

Deoarece diametrul exterior al izolației îngroșate la înnădire este mai mare decît acela al izolației cablului, este necesară racordarea acestora prin tăierea și ajustarea hîrtiei de adaos la fiecare capăt, în formă de trombă, pe o lățime de 160 mm. Pe toată lungimea trombelor, începînd de la cămașa de plumb a cablului, se execută apoi un matisaj la rînduri strînse din sîrmă de cupru cositorită, cu diametrul de 1,4 mm, care se continuă și pe partea cilindrică a izolației îngroșate, dar la rînduri rare, după ce în prealabil aceasta a fost protejată cu două straturi succesive de hîrtie carbon și benzi de cupru moale; capetele acestor matisaje se sudează la cămașa de plumb a cablurilor. Aceste ecrane au rolul de a menține gradientul electric longitudinal și radial în limita admisibilă pentru materialul izolant.

În tot timpul executării înnădirii, după fiecare operație, aceasta trebuie bine spălată cu ulei de cablu încălzit la 110°C.


Inveliș de protecție PCV
Sul Hi Nr. 5
A
Stopaj II
Sul Hi Nr 2
20
205
5
300
5
205
Plumb
φ-163
210
φ-39,4
φ-44,4
φ=43,8
730
570
570
Sul Hi Nr 3
Sul Hi Nr 1
Sul Hi Nr 3
A
Stopaj III

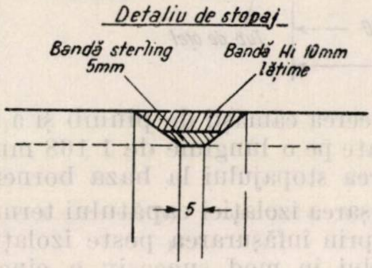

Detaliu de stopaj
Bandă sterling 5mm
Bandă Hi 10mm lățime
5

Fig. 5.

2.7. *Montarea manșonului de protecție.* Înnădirea, astfel executată, este închisă după aceea într-un manșon din tablă de cupru cositorită de formă cilindrică, cu capetele tronconice, cu o lungime totală de 980 mm, introdusă în prealabil pe capetele de cablu — care se închide etanș prin înșurubarea capacelor și sudarea lor la cămașa de plumb a cablului (fig. 6).

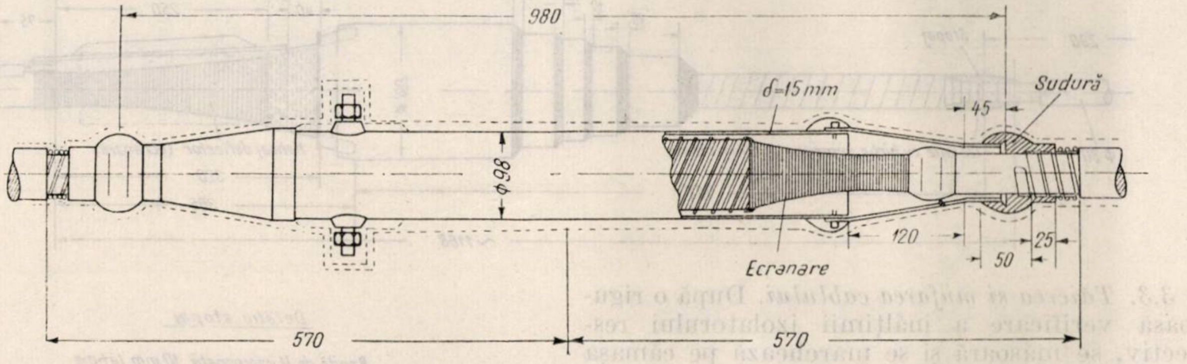

980
φ98
δ=15 mm
45
Sudură
120
25
50
Ecranare
570
570

Fig. 6.

După uscarea corespunzătoare a înnădirii prin încălzire în vid de 0,05—0,1, cu ajutorul unei instalații speciale, manșonul de protecție se umple cu ulei fluid de cablu trecut prin instalația de centrifugare.

Pentru protejarea manșonului contra coroziunilor se procedează la înfășurarea lui cu un strat din bandă de cauciuc de 8 cm lățime, altul din bandă de policlorură de vinil de 5 cm lățime și apoi cu 2—3 straturi din pînză bituminată, bine impregnată cu bitum fierbinte.

Protecția contra loviturilor mecanice se realizează cu plăci de beton armat sprijinite pe ziduri de cărămidă executate împrejurul manșoanelor.

3. Executarea capetelor terminale

Executarea unui capăt terminal comportă următoarele faze tehnologice mai importante:

— organizarea locului de lucru;

— pregătirea cablului;

— pregătirea capătului de cablu;

— tăierea și mufarea capătului de cablu;

— îngroșarea izolației, formarea trombei și ecranarea ei;

— montarea torului de aluminiu și a suportului său;

— închiderea capătului terminal, uscarea și umplerea lui cu ulei;

— racordarea rezervoarelor de alimentare.

Aceste operații decurg astfel :

3.1. După organizarea locului de lucru și asigurarea tuturor sculelor, utilajelor și materialelor necesare, se realizează schema hidraulică din figura 3, A, care să asigure acoperirea pierderilor de ulei din timpul execuției capătului terminal; apoi se face controlul presiunii de ulei din cablu cu ajutorul unui manometru montat la racordul olandez din capătul cablului.

3.2. Pregătirea capătului de cablu. Se măsoară și se marchează pe cablu înălțimea de la sol la baza cutiei terminale în poziția sa finală, după care se taie și se înlătură învelișul de protecție din policlorură de vinil, benzile de cupru și benzile de pînză impregnată, pe o lungime de circa 2 m de la acest semn către capăt, iar cămașa de plumb se curăță cu bumbac îmbibat în benzină.

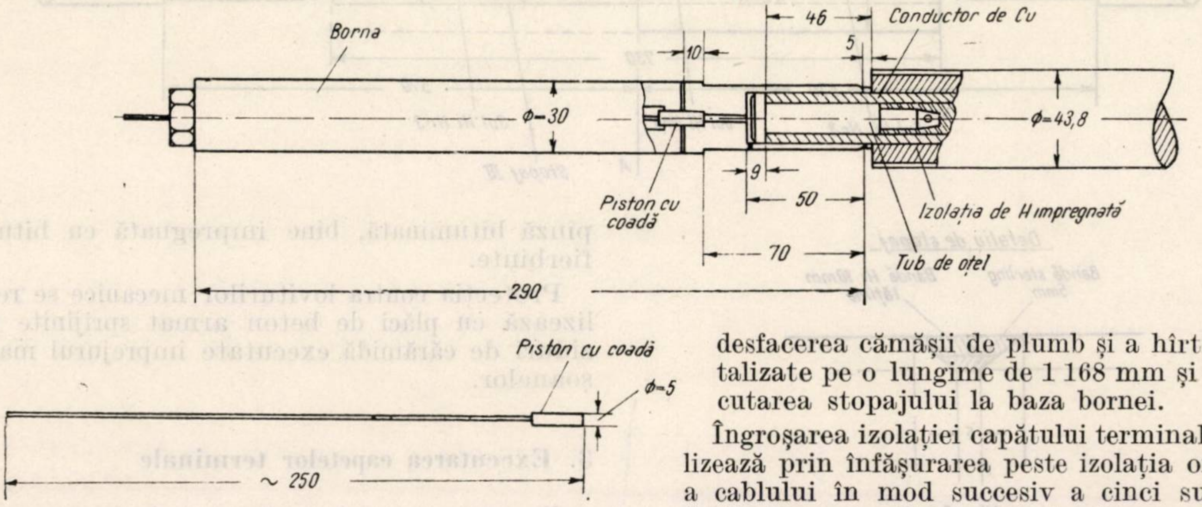
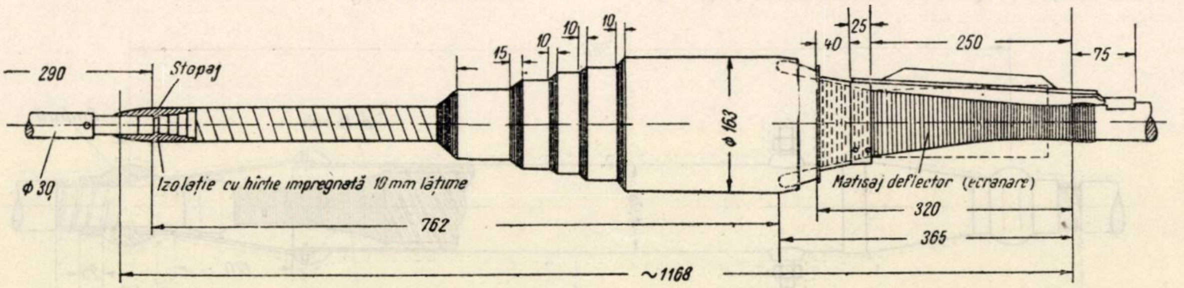

Borna
φ=30
10
46
Conductor de Cu
5
φ=43,8
9
50
Piston cu coadă
Izolația de H impregnată
70
Tub de oțel
290
Piston cu coadă
φ=5
~ 250

Fig. 7.


290
Stopaj
15
10
10
10
φ 163
25
40
250
75
φ 30
Izolație cu hîrtie impregnată 10 mm lățime
Matisaj deflector (ecranare)
320
762
365
~1168

3.3. Tăierea și mufarea cablului. După o riguroasă verificare a înălțimii izolatorului respectiv, se măsoară și se marchează pe cămașa de plumb locul de tăiere a cablului, lungimea totală a capătului de cablu și lungimea desfacerii capătului de cablu, după care se trece la tăierea cablului în locul marcat și introducerea în canalul central a unui tub de oțel (fig. 7).

Pe o lungime de 46 mm de la capăt se înlătură izolația cablului, după care pe conductorul de cupru se mufează prin presare, pe două direcții perpendiculare, borna capătului terminal, prevăzută cu orificii pentru circulația uleiului din canalul central către capătul terminal, și invers, și un dispozitiv special pentru închiderea acestor orificii, constînd dintr-un piston cu coadă (fig. 7).

3.4. Îngroșarea izolației. După ce în prealabil s-au introdus pe capătul de cablu, în poziție convenabilă montării, conul de bază al capătului terminal, garnitura sa de cauciuc, un tor de aluminiu și suportul său în formă de pălărie fără fund, se procedează la tăierea și desfacerea cămășii de plumb și a hîrtiei metalizate pe o lungime de 1 168 mm și la executarea stopajului la baza bornei.

Îngroșarea izolației capătului terminal se realizează prin înfășurarea peste izolația originală a cablului în mod succesiv a cinci suluri de hîrtie impregnată cu ulei, după cum se arată în figura 8, cu lățimea variind de la 760 mm la 200 mm, pînă se ajunge la un diametru exterior al izolației de 158 mm, avînd grijă ca acesta să ia — la cota corespunzătoare — forma torului de aluminiu.

Se execută apoi, începînd de la baza torului, racordarea în formă de trombă a izolației de

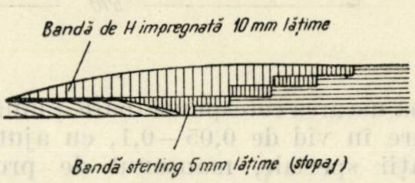

Detaliu stopaj
Bandă de H impregnată 10 mm lățime
Bandă sterling 5 mm lățime (stopaj)

Fig. 8.

adaos la izolația originală a cablului, matisarea acestuia cu sîrmă de cupru cositorit cu diametrul de 1,4 mm și sudarea matisajului la cămașa de plumb a cablului.

3.5. Montarea torului de aluminiu și a suportului său. Torul de aluminiu se ridică apoi la

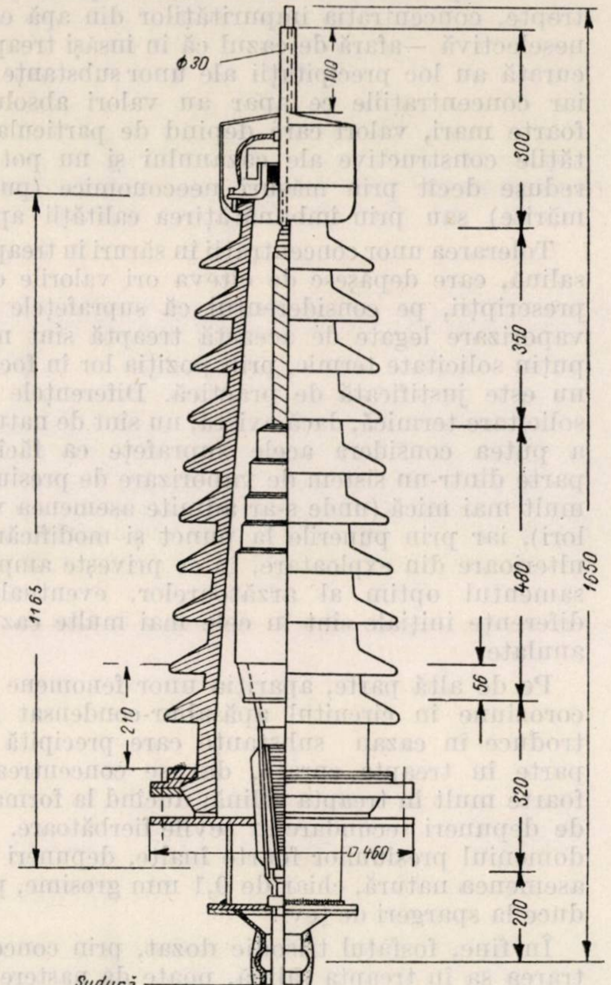


Fig. 9.

locul său sub izolația de adaos, iar de el se fixează prin înșurubare suportul în formă de pălărie și trei barete metalice, a căror bază se prinde pe capătul cămășii de plumb cu ajutorul unei brățări și al unei suduri. Lungimea și forma acestora și a izolatorului sînt în așa fel dimensionate ca să se realizeze o deviere a cîmpului electric și deci o anulare a componentei longitudinale, direcție în care rigiditatea dielectrică a izolatorului este mică.

După aceea se trece la înfășurarea unui ultim sul de hîrtie impregnată, lat de 225 mm, în așa fel ca să acopere și o parte din torul de aluminiu; diametrul final al capătului terminal ajunge la 163 mm (fig. 8). După fiecare operație, capătul terminal trebuie bine spălat cu ulei fierbinte.

3.6. Închiderea și uscarea capătului terminal. Izolatorul capătului terminal se ridică cu ajutorul unui palan (macara) și apoi se lasă peste acesta, se închide și se etanșează cu garnituri de cauciuc, atît la bază cît și la partea superioară, la ieșirea bornei; conul de bază se racordează prin sudură la cămașa de plumb a cablului și la benzile de cupru (fig. 9).

Uscarea capătului terminal și umplerea cu ulei fluid de cablu se execută ca și la manșoane. Prin ridicarea pistonului cu coadă din borna capătului terminal, uleiul din canalul central al cablului se pune în comunicație cu uleiul din izolator și prin aceasta cu cel din rezervoarele de alimentare.

3.7. Racordarea la rezervoarele de alimentare. În stația de transformare, într-o încăpere amplasată deasupra capetelor terminale, au fost montate șase rezervoare de alimentare cu cădere liberă (sub presiune constantă) — cîte două pentru fiecare fază — la care au fost racordate apoi, prin țevi de plumb, izolatoarele capetelor terminale prin intermediul unor racorduri olandeze, fixate la conurile metalice de bază.

La celălalt capăt, la racordarea cu linia aeriană, au fost montate, la baza cutiilor terminale, trei rezervoare de alimentare sub presiune (cu presiunea constantă), cîte unul de fiecare fază.

4. Durata execuției

Executarea propriu-zisă a unei înnădiri sau a unui capăt terminal a durat în medie șase ore cu o echipă compusă din doi manșonari specialiști și doi muncitori ajutori, iar uscarea și umplerea cu ulei au durat în medie zece ore și s-au efectuat, de regulă, în ziua următoare, simultan cu operațiile de executare a unei alte înnădiri sau capăt terminal.

Regimul chimic al apei pentru cazane de tensiune înaltă cu vaporizarea în trepte

LOUIS STANISAVLIEVICI

Instalarea în sectorul nostru a unor cazane de foarte înaltă presiune, prevăzute cu vaporizare în trepte, iar pe de altă parte desființarea separației în trepte la cazane de foarte înaltă presiune, în funcțiune, ambele alimentate cu apă total demineralizată, impun din nou considerarea atentă a principiilor care stau la baza regimului chimic al apei la aceste cazane.

Prescripțiile privind regimul chimic al apei pentru cazane reprezintă valori-limită, încă admisibile, prin respectarea cărora se evită în mod sigur neajunsuri în exploatare. Prin ajustări ulterioare, pe baza experienței din exploatare asupra acestor unități și a unor încercări sistematice termochimice, se stabilește regimul optim din punct de vedere tehnico-economic, regim valabil atîta timp cît condițiile specifice ale exploatării nu se modifică.

Pentru cazanele cu circulație multiplă, prescripțiile pentru apa din cazan se referă la probele de apă prelevate din straturile cele mai concentrate din tambur, neglijînd din motive practice existența unor concentrații mai mari ce pot apărea eventual — temporar, local și necontrolabil — în conturul fierbător.

Admiterea în mod deliberat și cu caracter permanent a unor concentrații mult mai mari în impurități ale apei din o parte a cazanului, realizată prin măsuri constructive, ridică alternativa :

Indicii de calitate prescriși pentru apa din cazan sînt exagerat de severi și pot fi depășiți continuu în exploatare (cum este cazul treptei saline), sau acești indici sînt corecți, iar depășirea lor reprezintă, dacă nu pe partea de abur, dar pe partea de apă, riscuri pentru integritatea cazanului.

Fără nici un fel de rezerve, trebuie acceptată ultima presupunere.

S-ar putea admite, în caz extrem, că anumite substanțe dizolvate în apă, nepericuloase pentru cazan, s-ar putea tolera în concentrații mai mari. Asemenea substanțe, în domeniul presiunilor înalte, sînt foarte puține ; tratarea apei în vederea selecționării lor este foarte complexă, concentrațiile respective tolerate fiind totuși mici. Aceasta echivalează, în practică, cu o demineralizare totală a apei, dispărînd astfel unul dintre avantajele invocate ale vaporizării în trepte, și anume : posibilitatea de a exploata sigur și economic cazanul cu o apă mai puțin intens tratată.

În treapta salină a cazanelor cu vaporizare în trepte, concentrația impurităților din apă este neselectivă —afară de cazul că în însăși treapta curată au loc precipitații ale unor substanțe — iar concentrațiile ce apar au valori absolute foarte mari, valori care depind de particularitățile constructive ale cazanului și nu pot fi reduse decît prin măsuri neeconomice (purje mărite) sau prin îmbunătățirea calității apei.

Tolerarea unor concentrații în săruri în treapta salină, care depășesc de cîteva ori valorile din prescripții, pe considerentul că suprafețele de vaporizare legate de această treaptă sînt mai puțin solicitate termic, prin poziția lor în focar, nu este justificată de practică. Diferențele de solicitare termică, dacă există, nu sînt de natură a putea considera acele suprafețe ca făcînd parte dintr-un sistem de vaporizare de presiune mult mai mică (unde s-ar admite asemenea valori), iar prin punerile la punct și modificările ulterioare din exploatare, în ce privește amplasamentul optim al arzătoarelor, eventualele diferențe inițiale sînt în cele mai multe cazuri anulate.

Pe de altă parte, apariția unor fenomene de coroziune în circuitul apă-abur-condensat introduce în cazan substanțe care precipită în parte în treapta curată, dar se concentrează foarte mult în treapta salină, ducînd la formare de depuneri secundare în țevile fierbătoare. În domeniul presiunilor foarte înalte, depuneri de asemenea natură, chiar de 0,1 mm grosime, pot duce la spargeri de țevi.

În fine, fosfatul trisodic dozat, prin concentrarea sa în treapta salină, poate da naștere la depuneri fero-fosfatice, silico-fosfatice, depuneri cu săruri neutre etc., foarte periculoase pentru exploatare. Chiar în cazul unor purje mici, pierderile de fosfat, de regulă nerecuperabile, sînt simțitoare la cazanele cu vaporizare în trepte.

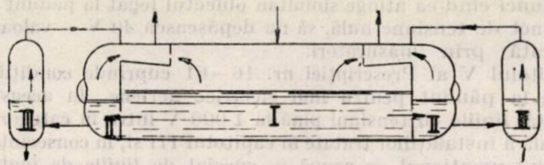
În concluzie, nu se justifică, pe partea de apă, menținerea unor concentrații mari de săruri într-o zonă a cazanului, nici chiar a unor substanțe considerate, de regulă, ca inofensive, căci acestea pot fi generatoare a unor depuneri secundare.

Concentrațiile care pot apărea în treptele saline depind atît de factori de exploatare cît și de factori constructivi. Deoarece nu este posibil a adopta, apriori, un cazan cu vaporizare în trepte, se recurge deseori, pentru evitarea neajunsurilor în exploatare, la reducerea acestei concentrații prin măsuri care suprimă parțial diferențierea dintre trepte, bineînțeles în dauna concentrațiilor din treapta curată, care cresc prin aceasta, cum ar fi: recirculare parțială, prin exterior, legînd țevi de coborîre ale treptei saline cu țevi urcătoare ale treptei curate; sau recirculare prin focar, legînd în diagonală colectoarele treptelor.

---

* *Stanisavlievici L.* este inginer principal la D.E.E. din M.M.E.E.

Tehnica modernă a tratării apei prin demineralizare totală elimină, pînă la urme, substanțele dizolvate în apă, adică pînă la acele valori care sînt tolerate și în aburul saturat. În aceste condiții nu mai apar, practic, concentrații în apa din tambur și deci nici diferențe de concentrații în treptele tamburului. Cazanele se exploatează fără purje continue; prizele de apă pentru probele de control și rare purje intermitente ale colectoarelor fac rolul acestora.



Schema tamburului cu vaporizare în trei trepte (ciclon exterior ca ultimă treaptă).

Pe baza unor experiențe de această natură au fost suprimate la unele cazane de foarte înaltă presiune, în funcțiune, treptele de separație. Aceste cazane posedă „cicloane" exterioare (fig. 1), ce contribuie la vaporizare, în care apar concentrații mai mari în substanțe nevătămătoare, ce nu au provocat neajunsuri. În condițiile date, aceste cicloane (un fel de treaptă salină) nu au practic nici un aport economic la regimul chimic al apei.

Pe partea de abur, situația la cazanele cu vaporizare în trepte nu este principial deosebită de a cazanelor de tip obișnuit. În raport cu particularitățile constructive și cu condițiile de exploatare, va fi nevoie de dispozitive mai simple sau mai elaborate de separare, în tambur, pentru a asigura puritatea aburului.

La cazanele cu vaporizare în trepte, aceste dispozitive trebuie să fie foarte eficiente, avînd în vedere concentrațiile apei care apar în treapta salină. Deseori este nevoie și de dispozitive de spălare a aburului, fără de care antrenările riscă a provoca depuneri pe paletatura turbinelor. Capacitatea de „înghițire" a turbinelor de condensație, de randament ridicat, în ce privește sărurile depuse din abur este foarte redusă, și deseori apar neajunsuri în exploatare datorită aburului murdar, generat de cazanele cu vaporizare în trepte.

Spălarea aburului contribuie la reducerea diferenței de concentrații între trepte, în dauna treptei curate, efect nedorit, care anulează parțial avantajul economic invocat, al purjelor mici la aceste cazane.

Menținerea unui regim al apei necorespunzătoare prescripțiilor, cum apare la cazanele cu vaporizare în trepte, duce inevitabil — în timp mai îndelungat la cazanele de presiune mai mică și în timp scurt la cazanele de presiune înaltă — la neajunsuri în exploatare. Chiar în domeniul presiunilor mai mici, neajunsurile, cînd nu sînt grave (spargeri de țevi și înfundări de turbine), sînt totuși de natură a face imposibilă o funcționare sigură, de durată, a agregatelor, impunînd curățiri chimice ale cazanelor, spălări frecvente ale turbinelor sau opriri îndelungate pentru curățirea paletelor, iar între timp o funcționare neeconomică.

MINISTERUL MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE — DEPARTAMENTUL ENERGIEI ELECTRICE. Prescripţia nr. 16—61 : Prescripţii pentru construcţia legărilor la pămînt în instalaţiile electrice cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv şi peste 1 000 V. Ediţia a II-a, Bucureşti, 1961.

Noua ediţie a prescripţiilor privind construcţia legărilor la pămînt în instalaţiile electrice corespunde principiilor de tehnică nouă, adaptate după regulile privind instalaţiile electrice din Uniunea Sovietică, introduse în ,,Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice'', ediţia 1960, — principii care se detaliază în Prescripţia nr. 16—61.

În acest sens, se precizează în capitolul I că Prescripţia nr. 16—61 este valabilă pentru :

— toate instalaţiile cu tensiuni peste 1 000 V ;

— instalaţii cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv, aflate în aceeaşi încăperi de producţie industrială şi avînd legări la pămînt comune cu instalaţii cu tensiuni peste 1 000 V ;

— reţele electrice aeriene de distribuţie a energiei electrice cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv.

Astfel, Prescripţia nr. 16—61 acoperă un domeniu care nu este tratat în STAS 6119-57, privind legările la pămînt, şi nici în normele CSCAS, ambele privind instalaţiile în construcţii civile şi industriale cu tensiuni pînă la 1 000 V.

În acelaşi capitol se dă o serie de definiţii în legătură cu instalaţiile de protecţie prin legare la pămînt sau la nul, şi în special definiţia reţelelor sau instalaţiilor cu curent mare şi mic de punere la pămînt, în funcţie de care se definesc mai departe diferitele soluţii utilizate pentru protecţiile citate.

Capitolul II al prescripţiei arată scopul legărilor la pămînt şi la nul şi enumeră, pe de o parte, părţile din maşinile, aparatele şi instalaţiile electrice care se leagă de regulă la pămînt şi, pe de altă parte, pe cele care nu se leagă la pămînt — în ceea ce priveşte părţile metalice care în mod normal nu se află sub tensiune, dar se pot pune sub tensiune, printr-un defect de izolaţie. Totodată se menţionează cazurile cînd se leagă la pămînt părţi conductoare ale circuitelor electrice : puncte neutre ale înfăşurărilor generatoarelor sau transformatoarelor, una din faze, atunci cînd pămîntul serveşte drept conductor, punctele neutre ale transformatoarelor de tensiune, bobinele de stingere — cu unul din capetele înfăşurării.

În capitolul III se tratează soluţiile aplicate pentru legările la pămînt şi la nul în instalaţiile cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv, în care trebuie remarcată în primul rînd obligativitatea legării la pămînt a punctului neutru în reţelele de curent alternativ cu patru conductoare şi în cele de curent continuu cu trei conductoare. Totodată se pune condiţia ca toate părţile metalice indicate în capitolul II să fie conectate la neutrul pus la pămînt (la nul) prin legături conductoare, metalice, astfel dimensionate încît să determine posibilitatea separării, printr-o deconectare automată, după un timp minim, a porţiunilor din reţea în care s-au produs curenţi de scurtcircuit, prin atingerea unor părţi aflate sub tensiune, cu părţi legate la pămînt.

O prevedere importantă, din acest capitol, este cea privind legările repetate la pămînt ale conductorului neutru (de nul) într-o reţea, legări care se efectuează :

— la sursele de alimentare ale reţelei (în centrale şi staţii) ;

— la capetele liniilor aeriene şi ale derivaţiilor din acestea ;

— cel puţin din km în km, pe porţiunile fără ramificaţii, ale liniilor aeriene şi ale derivaţiilor din acestea ;

— în apropierea punctelor în care liniile aeriene sau cablurile pătrund în spaţii cu instalaţii protejate prin legare la nul.

Capitolul mai prevede valorile obligatorii pentru rezistenţele de trecere ale prizelor de pămînt (4 Ω şi în unele cazuri 10 Ω), precum şi condiţii pentru instalaţiile cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv, cu punctul neutru izolat, realizate în cazuri cînd condiţiile de securitate contra pericolelor de electrocutare, incendiilor sau exploziilor pretind aceasta (în exploatări de turbă, în mine de cărbuni, în şantiere şi rafinării petrolifere, în industria chimică etc.).

Condiţiile legării la pămînt în instalaţii cu tensiuni mai mari ca 1 000 V formează obiectul capitolului IV al prescripţiei. Aici se prevede condiţia ca în instalaţiile cu punctul neutru legat direct la pămînt să se asigure posibilitatea ca, în cazul unor puneri accidentale la pămînt, porţiunea defectă să fie separată prin deconectare automată, eficientă şi rapidă.

Se prescrie, pentru instalaţii cu curenţi mari de punere la pămînt, o rezistenţă de trecere a prizelor de pămînt, de maximum 0,5 Ω, iar în instalaţiile cu curenţi mici de punere la pămînt — o rezistenţă de trecere maximă, rezultînd din relaţia $R \leqslant \frac{250}{I}$ (maximum 10 Ω) în locuri nepopulate sau în instalaţii deservite de lucrători calificaţi, şi din relaţia $R \leqslant \frac{125}{I}$ pentru restul cazurilor (I este curentul de punere la pămînt, în A).

Se prescrie totodată condiţia ca tensiunea de atingere, pentru o persoană situată la 0,80 m de un corp legat la pămînt sau atunci cînd ea atinge simultan obiectul legat la pămînt şi un punct de tensiune nulă, să nu depăşească 40 V — valoare verificată prin măsurători.

Capitolul V al Prescripţiei nr. 16—61 cuprinde condiţiile legării la pămînt pentru linii electrice aeriene. În această privinţă, liniile cu tensiuni pînă la 1 000 V intră în categoria generală a instalaţiilor tratate în capitolul III şi, în consecinţă, capitolul menţionat se ocupă în special de liniile de înaltă tensiune (cu tensiuni mai mari ca 1 000 V). Pentru acestea se prevede în primul rînd să se lege la pămînt stîlpii metalici sau părţile metalice ale stîlpilor de beton armat sau de lemn, care susţin conductoare de protecţie, sau dispozitive de protecţie contra supratensiunilor.

Ca un principiu, faţă de prima ediţie s-a introdus prevederea ca în zonele nelocuite ale traseelor liniilor cu neutrul izolat ,cu tensiuni cuprinse între 3 şi 20 kV inclusiv, să se conteze numai pe priza naturală de pămînt a stîlpilor de beton armat şi metalici, fără a se mai recurge la prize de pămînt artificiale. Dacă totuşi, pe baza unor măsurători de rezistenţe şi de curenţi de punere la pămînt, rezultă că rezistenţa de trecere a prizei naturale depăşeşte valoarea rezultînd din relaţia $R \leqslant \frac{250}{I}$ (Ω), se recomandă fie instalarea unor semnalizări de punere la pămînt — pe baza cărora să se facă deconectarea manuală a liniei, pînă la repararea defectului respectiv, — fie prevederea unei protecţii de tensiune homopolară, prin care linia să fie deconectată rapid. Dacă rezistenţa prizei depăşeşte valoarea amintită, în cazul stîlpilor din aceeaşi categorie, prevăzuţi cu fundaţii din beton simplu sau armat, se recomandă legarea acestor stîlpi la pămînt prin prize artificiale.

Relaţia de mai sus pentru rezistenţa de trecere fiind valabilă în cazul curenţilor mici de punere la pămînt, pentru cazul curenţilor mari de punere la pămînt se prescrie relaţia valabilă în cazul descărcărilor atmosferice :

$$R = \frac{V\ 50\%\ \text{impuls (kV)}}{I_{max}\ \text{trăsnet (kA)}}.$$

Faţă de vechea ediţie, se mai prevede posibilitatea adaptării unor rezistenţe de trecere cuprinse între 10 şi 30 Ω, în funcţie de rezistivitatea solului.

În capitolul VI se prescriu condiţiile legării la pămînt în instalaţiile ce folosesc pămîntul drept conductor (de fază, de întoarcere, sau neutru), din care se citează relaţia de calcul al rezistenţei de trecere a prizelor de pămînt : $R \leqslant \frac{100}{I}$ (Ω), respectiv $R \leqslant \frac{50}{I}$ (Ω) pentru instalaţii provizorii, utilizarea pămîntului drept conductor nefiind admisă la tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv.

Realizarea instalaţiilor de legare la pămînt formează obiectul capitolului VII al Prescripţiei nr. 16—61 , care cuprinde mai multe subdiviziuni :

A. Principii generale, în care se arată în special condiţiile de realizare a prizelor de pămînt naturale (din construcţii metalice avînd contact cu solul, conducte metalice pentru fluide necombustibile, palplanşe metalice, mantalele cablurilor etc.), cu excepţia cazului instalaţiilor cu tensiuni peste 1 000 V şi cu curenţi mari de punere la pămînt (peste 500 A), în care orice priză naturală trebuie legată obligatoriu în paralel cu o priză de pămînt artificială, cu o rezistenţă de trecere de maximum 1 Ω.

Pentru conectarea la pămînt a instalaţiilor cu diferite destinaţii şi tensiuni, se prescrie o singură instalaţie comună de legare la pămînt (cu excepţia cazurilor prevăzute în prescripţii speciale), avînd o rezistenţă de trecere impusă de instalaţia electrică necesitînd valoarea cea mai mică a acesteia.

B. Prize de pămînt în condiţii grele (cînd rezistivitatea solului respectiv depăşeşte 20 000 Ωcm). Pentru asemenea cazuri se prescrie fie executarea unor prize de pămînt de adîncime, fie efectuarea de tratamente speciale ale solului, în vederea scăderii rezistivităţii sale, fie egalizarea potenţialelor pe întreg teritoriul, cu folosirea mijloacelor individuale de protecţie (inclusiv platforme izolante).

C. Electrozii prizelor de pămînt se realizează din ţevi sau bare de oţel, plantate vertical în sol (cel puţin două), benzi plăci sau bare de oţel, aşezate orizontal; în instalaţiile cu curenţi mari de punere la pămînt, electrozii se dispun în mod obligatoriu în instalaţii de legare la pămînt sub formă de circuite închise.

Într-o tabelă referitoare la electrozi şi conductoare de legătură din oţel se dau dimensiuni minime pentru acestea (grosimi şi diametre), cu menţiunea că secţiunea se calculează atît pentru realizarea rezistenţei de trecere necesară cît şi la stabilitate termică la scurtcircuit şi ţinînd seamă de uzura prin acţiuni corosive. Se mai precizează că dimensiunile prescrise sînt valabile, fără alte condiţii, în instalaţiile de protecţie prin legare la nul, pentru legăturile la prize de pămînt şi pentru prize trebuind să se ţină seama, în plus, şi de alte considerente, care se descriu mai departe.

D. Conductoare de legare la prize de pămînt şi la nul. În acest subcapitol se enumeră construcţiile metalice ale clădirilor şi cele utilizate în producţie (macarale şi poduri rulante, căi de rulare, platforme, galerii etc.), cutiile de oţel cuprinzînd legături electrice în bare, ţevi de oţel şi mantalele de plumb şi aluminiu ale cablurilor, care pot fi utilizate ca astfel de legări, cu excepţia învelişurilor metalice din tuburile izolante electrice sau mantalelor de plumb ale cablurilor coloanelor de iluminat; totuşi acestea se vor lega la pămînt în încăperi periculoase şi foarte periculoase.

Se precizează că materialul folosit pentru conductoarele de legare la prize de pămînt este, de regulă, oţelul, admiţîndu-se excepţii numai în instalaţiile cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv şi numai în următoarele cazuri:

— la receptoarele electrice mobile (numai conductoare din cupru flexibil);

— la cablurile circuitelor de iluminat cu patru conductoare, din sistemele de curent trifazic (legare la nul);

— în toate cazurile în care folosirea oţelului pentru legare la nul întîmpină dificultăţi constructive.

Totodată, în ultimele două cazuri va trebui asigurată o a doua legare între cele două capete ale legăturilor din conductoare de aluminiu, pentru cazul ruperii acestor conductoare sau defectării contactelor lor — cu precizarea că pentru a doua legare se pot utiliza construcţii metalice din apropiere, tuburi de oţel de protecţie ale conductoarelor, sau învelişuri metalice ale cablurilor.

Se interzice utilizarea conductoarelor neizolate din aluminiu, îngropate în pămînt, ca prize de pămînt sau conductoare de legare la pămînt (la nul).

Subcapitolul D mai conţine o tabelă cu dimensiunile minime cerute de condiţiile de rezistenţă mecanică pentru conductoare de protecţie din cupru şi aluminiu. Se precizează însă că orice conductor de legare la prize de pămînt sau la nul trebuie verificat la stabilitate termică în caz de scurtcircuit, prescriindu-se în detaliu condiţiile de calcul, cu dimensionarea în funcţie de curenţii pe faze, în circuitele protejate, la sarcinile maxime ale acestora.

În acest mod se ajunge de fapt la secţiunile minime, pentru conductoare de legare independente, la prize de pămînt sau la nul, de 100 mm^2 pentru oţel, 35 mm^2 pentru aluminiu, 25 mm^2 pentru cupru (ultimele două pentru legări la nul neşuntate prin legături directe la pămînt, conform celor expuse mai sus).

În fine se mai cuprind aici detalii constructive pentru executarea legărilor de protecţie, la prize de pămînt şi la nul.

Subcapitolele E şi F conţin prevederi speciale privind legarea la pămînt (la nul) a receptoarelor electrice mobile şi la pămînt a instalaţiilor electrice mobile.

Capitolul VIII al Prescripţiei nr. 16—61 tratează despre încercarea şi verificarea legărilor la pămînt (la nul).

Ing. *Vlad Rădulescu*

H. COTTON: **Transportul şi distribuţia energiei electrice** (The transmission and distribution of electrical energy). The English Universities Press, Londra, 1958, 560 p.

Cartea prezentată mai jos reprezintă o ediţie revizuită a unui tratat apărut în 1937 şi care a fost reimprimat în 1955 şi este datorată lui H. Cotton, profesor emerit de electrotehnică la Universitatea din Nottingham.

Cele 18 capitole ale cărţii pot fi ataşate la trei subiecte principale, şi anume: elemente ale sistemului de distribuţie — incluzînd patru capitole —, linii aeriene şi cabluri subterane — incluzînd opt capitole —, elemente de structură şi funcţionale ale sistemului energetic — ocupînd un volum de şase capitole.

Cartea are un caracter practic, fiind însoţită de numeroase exemple numerice, dezvoltările analitice limitîndu-se la cele strict necesare pentru o bună orientare a cititorului. Autorul se ocupă, în capitolul III, de problema rezistenţei de izolare a unui sistem de distribuţie, insistînd asupra metodelor de determinare a perditanţei atît în regim normal cît şi în caz de defect. Acest capitol prezintă o particularitate faţă de alte cărţi, prin faptul că se acordă perditanţei o importanţă pe care majoritatea autorilor sînt dispuşi să o treacă cu vederea.

Capitolele speciale se ocupă de problema efectului corona (cap. VIII), de influenţa liniilor de energie asupra liniilor de telecomunicaţii (cap. IX), marcînd prin aceasta importanţa creşterii tensiunii reţelelor de bază din sistemele energetice şi a întinderii acestor reţele.

Ceea ce caracterizează modul de tratare a primelor 11 capitole este concizia lor. Aceasta nu diminuează însă de loc inteligibilitatea textului şi claritatea prezentării.

Aproape 80 de pagini sînt rezervate cablurilor subterane, autorul — aşa cum se arată în prefaţă — transformînd complet acest capitol faţă de ediţia anterioară, pentru a ţine seamă de progresul foarte important în proiectarea şi construcţia reţelelor de cabluri şi răspîndirea relativă a acestor reţele. Se acordă atenţia cuvenită cablurilor de foarte înaltă tensiune de tipul cu ulei şi cu presiune de gaz (interioară şi exterioară), care sînt descrise pe larg şi asupra cărora se dau detalii constructive; se indică modul de determinare a capacităţii de încărcare, a stabilităţii termice, a pierderilor în ecrane şi de asemenea modul de considerare a cablului la efectuarea calculelor de scurtcircuit. O amplă bibliografie este adăugată acestui capitol.

Capitolul, de mare actualitate, privind reglajul tensiunii se ocupă de transformatoarele cu reglaj sub sarcină, regulatoarele cu inducţie, regulatoarele cu bobină mobilă şi bustere. Un paragraf al acestui capitol este dedicat problemei compensării factorului de putere şi reglării liniilor de interconexiune.

Este regretabil că aceste paragrafe sînt tratate, însă, prea sumar; de asemenea problema reglării frecvenţei şi puterii este complet omisă.

Capitolul special dedicat întreruptoarelor este, de fapt, o trecere în revistă a problemelor legate de dotarea cu întreruptoare a staţiilor de transformare; o discuţie sumară asupra schemei staţiilor este, de altfel, inclusă în acest capitol.

În capitolul 14 sînt prezentate principiile de protecţie a sistemului. O atenţie specială este acordată sistemelor diferenţiale de protecţie (tip Merz-Price, Mc-Coll, Metr. Vickers, Reyrolle-Solkor etc.); de asemenea se indică celelalte sisteme moderne de protecţie, cum ar fi protecţia cu curenţi purtători cu compararea fazei şi protecţia homopolară (tratate la nivelul unei formulări generale a problemelor).

Ultimele două capitole tratează despre unde călătoare şi despre protecţia contra supratensiunilor atmosferice. Ne vom opri mai mult asupra penultimului capitol, care — după părerea noastră — alcătuieşte un domeniu mai puţin cunoscut inginerilor care se ocupă de diferitele aspecte ale sistemului energetic. Se arată, în primul rînd, modul de formare a undelor electromagnetice pe linii cu excitare în curent alternativ de diferite frecvențe și se exemplifică posibilitatea producerii unei rezonanțe $\lambda/4$. Se arată efectele de reflecție care apar în cazul liniei în gol, în scurtcircuit sau terminată pe o impedanță de valoare oarecare. Fenomenul reflecțiilor multiple este tratat cu ajutorul diagramei Bewley și se ilustrează modul de calcul al coeficienților de alternare. Cazul neuniformităților, cum ar fi o linie aeriană continuată prin cablu, se tratează separat.

a.r.

Electroenergetica

Bessmertnîi, I. S. **Despre calitatea energiei și reglării tensiunii în rețelele electrice urbane.** În : Elektricestvo, 83, nr. 10 (oct. 1962), p. 21–26.

Aprecierea tehnico-economică a calității tensiunii și a eficacității reglării tensiunii este necesară atît în exploatare cît și în domeniul proiectării rețelelor electrice urbane. Pentru aceasta este necesară prelucrarea unor noi metode de calcul cu utilizarea criteriilor statistice (probabilistice) de calitate.

Acceptarea utilității metodei statistice, legată de caracterul întîmplător al abaterilor tensiunii în rețelele de distribuție necesită încă cercetări, care să stabilească în ce condiții este admisibilă utilizarea legii de distribuție normală a întîmplărilor.

În condiții moderne de proiectare determinarea sarcinilor și abaterilor tensiunii în diverse puncte ale rețelei pentru o perioadă îndelungată prin calcule aparent exacte trebuie să fie înlocuită prin prognoze bazate pe metode statistice noi. În acest caz, legii normale de distribuție i se supune numai o parte a graficului zilnic și anume cea care se referă la orele maximului de seară al sarcinii.

Ținînd seama de cele de mai sus, trebuie să se considere oportună folosirea metodelor statistice (probabilistice) nu numai în exploatarea rețelelor, cînd în acest scop pot fi utilizate măsurători cu aparate speciale — voltmetre integratoare, — dar și în proiectare.

În acest sens poate prezenta interes dezvoltarea modului grafic de analiză (sub formă de epure) al pierderilor și abaterilor tensiunii, prin amplificarea sa cu repartiția tensiunilor după probabilitate. Pe această bază, așa cum se arată în articol, a devenit posibil să se dezvolte de asemenea metoda aprecierii de calcul a regimului de tensiune.

Prezentarea amănunțită a metodei propuse, conform căreia criteriul calității tensiunii se determină aci direct din grafice, precum și compararea rezultatelor obținute cu calculele făcute după metoda lui Stiberret, cu care se găsește în concordanță satisfăcătoare, permit să se tragă concluzia că criteriul propus este mai evident și reprezintă în mod explicit cantitățile de energie electrică consumate la mărimi insuficiente sau suplimentare ale tensiunii.

em. c.

Kașkovski, I. K. **Unele probleme de preliminare a cheltuielilor legate de construcția liniilor de înaltă tensiune, pentru perspectiva îndepărtată.** În : Elektricestvo, 83, nr. 10 (oct. 1962), p. 9–16.

O dată cu planificarea dezvoltării sistemelor energetice pentru o perspectivă îndepărtată, se pune problema determinării necesităților de materiale principale și utilaje pentru rețele electrice în condiții fundamental diferite de cele actuale, legate de mărirea puterii instalate a centralelor și de creșterea densității sarcinii. De acestea vor depinde indicii specifici ai rețelelor în calculul pentru un kW de putere a centralelor — investiții, lungimea liniilor, puterea transformatoarelor, cheltuielile de metal feros și neferos pentru conductoarele și suporții liniilor de transport.

Raza de acțiune a rețelelor, care deservesc pe consumatori și sînt alimentate de la centrale de puteri de 1–3 mii MW va fi mult mai mare decît pînă acum. Toate acestea vor determina dezvoltarea rețelelor de tensiuni mai înalte.

Pe de altă parte creșterea consumului de energie electrică va conduce la mărirea densității sarcinii în raport cu nivelul actual. Aceasta va determina modificarea cheltuielilor în rețele — o dată cu creșterea densității de sarcină trebuie să se aștepte reducerea cheltuielilor.

În articol se studiază influența densității de sarcină și a puterii centralelor asupra cheltuielilor specifice în rețelele de 110 kV și mai mult și se stabilește scopul de a ușura preliminarea cheltuielilor pentru rețelele de înaltă tensiune pe o perspectivă îndepărtată.

Rezolvarea acestor probleme este îngreunată de lipsa unei amplasări suficient de amănunțite a sarcinilor care determină configurația rețelelor de 110–220 kV și de faptul că structura puterilor centralelor existente și densitățile de sarcină actuale, — atît în sistemele sovietice cît și în cele străine — diferă de cele de perspectivă.

Metoda de studiu propusă prevede analiza unui mare număr de scheme de alimentare posibile, idealizate într-o anumită măsură, la variația însemnată a mărimii puterii instalate a centralelor și a densității sarcinii, alegerea schemelor optime și determinarea cu ajutotul acestora a indicilor tehnico-economici necesari.

În aceste condiții, deci concretizarea schemelor rețelelor pentru o perspectivă îndepărtată este dificilă, totuși cunoscînd indicii specifici ai rețelelor, pot fi determinate în mod orientativ și în prezent cheltuielile totale pe întreaga țară necesare pentru rețelele de înaltă tensiune (investiții, lungimea liniilor, puterea transformatoarelor, consumul de metal pentru conductoare etc.).

Relațiile obținute permit să se analizeze influența pe care o are mărirea puterii unitare a centralelor asupra variației cheltuielilor legate de rețele, atît în expresie bănească cît și în expresie materială. Aceasta face ca problema dezvoltării rețelelor și a măririi puterii unitare a centralelor să poată fi tratate ca un singur complex de probleme energetice.

em. c.

New, N. R. **Stabilirea dinamicii de creștere a consumului în sistemul T.V.A. Pl. Sarcinile stațiilor.** În : Power Apparatus and Systems nr. 60, 1962, p. 101–105.

Planificarea de perspectivă a dezvoltării sistemului energetic a impus cercetarea sarcinilor a 400 de stații și a modului de dezvoltare a acestor consumuri pentru o perioadă de 15 ani.

Studiul consumului fiecărei stații se face luînd în considerare patru factori : a) tendința generală de dezvoltare ; b) abaterile de la ciclu (perioada de la 1 la 5 ani), provocate, spre exemplu, de crize ; c) iregularitățile survenite, spre exemplu, pentru condiții meteorologice anormale etc. și d) variațiile sezoniere.

Pentru primii cinci ani, stabilirea dinamicii se bazează pe extrapolarea consumurilor din trecut, operație care se efectuează și pe baza luării în considerație a factorilor amintiți mai sus.

Pentru următorii zece ani se adoptă o cale sintetică. Determinările preliminare sînt supuse la trei analize pentru verificare : 1) o cercetare sintetică generală ; 2) o cercetare analitică și de teren și consfătuiri cu diverse foruri luînd în considerare diverși factori specifici și factori sociali ; 3) o cercetare în organele tehnice superioare care definitivează soluția.

Analiza făcută la nivelul de stație este apoi refăcută pentru regiuni mai mari, pentru a beneficia, pe de o parte, de o mai mare stabilitate a rezultatelor și pentru a putea, pe de altă parte, determina configurația sistemului energetic în ceea ce privește noile surse și linii de transport. Datele obținute se prelucrează statistic și diversele variante se examinează tehnico-economic, acordîndu-se la alegerea variantei o importanță mare experienței și spiritului critic al planificatorului. Sarcinile mai mari de SMW și consumatorii industriali nu intră în aceste estimații, ei fiind alimentați prin stații care se examinează separat.

a. r.

Dharma Rao, N. **O nouă cale de rezolvare a problemei stabilității dinamice.** În : Power Apparatus and Systems nr. 60, 1962, p. 186—192.

Rezolvarea ecuației diferențiale care exprimă efectul de pendulare ce se manifestă într-o rețea electrică. în cazul atingerii condițiilor de perturbare a stabilității funcționării în paralel, se efectuează în prezent prin metoda pas cu pas, o soluție analitică nefiind posibilă. Autorul dezvoltă o metodă aproximativă de rezolvare, folosind în locul termenului sin δ o expresie cubică de forma $a\delta + b\delta^3$, care se apropie foarte mult de o sinusoidă. Ecuația ce se obține în acest fel este rezolvată folosind metoda de aproximație a lui Lalescu. Soluția analitică ce se obține în acest mod este aplicată la un caz numeric și este analizată în planul fazelor. Comparația cu valorile obținute prin aplicarea metodei pas cu pas arată rezultate identice din punct de vedere practic.

a.r.

Klemm, W. **Celule debroșabile tip pînă la 30 kV cu întreruptoare cu ulei puțin.** În : Conti Elektro-Berichte **8**, nr. 1, ian.-mart. 1962, p. 11—12.

Celulele capsulate prezintă, pe lîngă avantaje economice, următoarele avantaje tehnice : nu există pericolul pentru personal de a veni în contact cu părțile sub tensiune, întreținerea fără pericol datorită blocărilor electrice și mecanice, înlocuirea rapidă a elementelor avariate și un control în condiții optime, simplificarea construcției și a proiectării, confecționarea și încercarea în fabrică. Caracteristicile principale ale celulelor debroșabile de construcție standardizată sînt indicate în tabela alăturată (tabela).

Tabela 1

Tensiune serie	Tensiune de exploatare, kV	Putere rupere, MVA	Curent nominal la tipul				Dimensiuni, mm		
			LF 12, A			LS 14, A	înălțime	lungime	adîncime
10	6	250	650	1 250			2 250	900	1 400
		350		1 250	1 600		2 250	900 și 1100*	1400 și 1900
		400		1 000	2 000	2 500	2 250	900 și 1350	1200 și 1600
	10	350	640	1 250	1 600		2 250	900 și 1100	1400 și 1400
		500		1 250	1 600		2 250	1000 și 1100	1400 și 1900
20	8—11,5	400		1 000	2 000	2500			
	20	500	630	1 250			2 250	1 200	1 600
	14—23	400	600	1 000					
30	30	500	630				2 250	1 600	3 200
		750		1 250					
	24—35	600		1 000					
	24—35	1 000				1 000			
						2 000			
		1 500				1 000			

* Diferite dimensiuni sînt în corespondență cu valorile curenților nominali.

În articol se dau detaliile constructive ale celulelor și se indică posibilitatea lor de utilizare și pentru stații cu mai multe sisteme de bare.

a.r.

S. G. Miles. **Cercetarea stabilității generale a sistemelor cu un număr oarecare de mașini.** În : Proc. I.E.F. **109**, partea A, nr. 45, iunie 1962, p. 203—217.

Cînd se elaborează, de obicei, calcule de stabilitate, se fac următoarele ipoteze simplificatoare : 1) pentru stabilitatea tranzitorie — se neglijează existența polilor din punct de vedere tranzitoriu ($x'_q = x'_d$), fluxurile se consideră constante, nu se iau în considerare cuplurile de amortizare, cuplul mecanic se consideră constant, se determină numai comportarea mașinii la prima pendulare ; 2) pentru stabilitatea dinamică — se neglijează existența polilor ($x_d = x_q$), curentul de excitație se consideră constant, nu se iau în considerare efectele inerției.

Pentru a face posibil un studiu mai profund al comportării mașinii sincrone — ceea ce permite să se studieze efectul regulatoarelor — și pentru a se urmări comportarea mașinii la pendulări prelungite, care totuși, se poate, să nu conducă la pierderea stabilității, au fost luate în considerare ecuațiile operaționale ale lui Park, transformate pentru a fi adaptabile la o rezolvare pe calculatoare analogice.

Numărul maxim de mașini care se pot pune pe calculator a fost determinat a fi cinci, dintre care patru sînt reprezentate cu valori proprii și una reprezintă o sursă de putere infinită. În continuare se arată modul de rezolvare a ecuațiilor pe calculatoare analogice și digitale, ilustrîndu-se modul de calcul și rezultatele obținute.

a.r.

A. S. Alfred. **Reprezentarea pe un calculator electronic de tip analogic a sistemelor electrice cu generatoare multiple.** În : Proc. I.E.E., **109**, partea A, nr. 45, iunie1962, p. 195—202.

Pînă în prezent, reprezentarea analogică a mașinii sincrone și a altor diferite elemente ale unui sistem energetic se făcea utilizînd o masă de curent alternativ.

Mașina sincronă se reprezenta sub forma unei tensiuni în spatele unei impedanțe, această analogie nefiind, însă, capabilă să permită modelarea unor fenomene tranzitorii. De aceea, în continuare, s-a încercat să se utilizeze calculatoare electronice analogice de curent continuu pentru a simula comportarea mașinii sincrone. Aceste calculatoare au fost atașate meselor de curent alternativ, însă, în încercarea de a asigura această legătură au fost întîlnite dificultăți considerabile. Autorul a cercetat posibilitatea utilizării numai a unui calculator electronic analogic de curent continuu pentru simularea în ansamblu a întregului sistem energetic.

Relaţiile între dimensiuni şi curenţi pentru maşina sincronă se scriu sub forma operaţională a lui Park, ca sistem de referinţă fiind alese cele două axe rotorice (axa directă şi axa transversală). Se indică modul de reprezentare a diferite elemente şi se arată schemele-bloc ale calculatorului analogic şi modul lor de conexiune. Se arată că metoda permite conectarea şi deci luarea în considerare a unui număr oarecare de maşini, schema structurală analogică respectînd oarecum dispoziţia fizică a maşinilor în sistemul energetic.

a.n.

M. S. Carpentier. **Contribuţie la studiul repartizării economice a sarcinilor.** În : Bull. S.F.E. **3** (seria 8), nr. 32, august 1962, p. 431—447.

Autorul arată, în prima parte a studiului, în ce constă problema repartitiei economice a sarcinilor în sistemele energetice şi metodele utilizate pînă în prezent pentru rezolvarea problemei respective

În partea a doua se expune metoda nouă „a iacobianului". care permite calculul exact al pierderilor din reţele dacă se folosesc ca variabile intermediare amplitudinea şi faza tensiunii din diverse noduri.

În partea a treia se expune metoda injectiilor, la care, luînd ca variabile amplitudinea şi faza tensiunii din fiecare nod şi puterile active şi reactive produse, se exprimă relaţiile între ele (relaţii de injecţie scrise pentru fiecare nod al reţelei).

Problema minimalizării revine la minimul unei funcţii convexe cu legături de forma unor inegalităţi ; aceasta este o problemă de tip Kuhn-Tucker, în loc să fie — ca pînă în prezent — o problemă de tip Lagrange. În continuare se dezvoltă relaţii şi formule şi se arată modul de aplicabilitate pe baza unor exemple numerice.

a.r.

L. Rimmark. **Protecţia selectivă şi automată a reanclanşării repetate.** În : E.T.Z.-A **83**, nr. 19, septembrie 1962, p. 615—619.

Primele discuţii asupra reanclanşării repetate au apărut în literatura tehnică la CIE din 1936.

În prezent, reanclanşarea automată, atît trifazată cît şi monofazată, reprezintă o tehnică de cea mai mare importanţă pentru mărirea siguranţei şi continuităţii de alimentare. Folosirea reanclanşării în reţelele interconectate impune o triere practic simultană a întreruptoarelor de la ambele capete.

În afară de sistemul cunoscut la noi, al prelungirii treptei întîi a protecţiei de distanţă de la 90 la 120%, cu revenirea în pauza fără tensiune la treapta întîi, autorul mai arată sistemele cu curenţi purtători în care prelungirea protecţiei este făcută numai sub influenţa releelor directoriale, cînd defectul se află în zona protejată de întreruptorul respectiv. Un alt sistem prevede protecţia secţională a liniei, releul de distanţă fiind calibrat pentru 120%, dar neacţionînd decît dacă defectul este localizat de canalul de I.F. ca fiind în linie Se indică în continuare timpii de dezionizare şi pauza de întrerupere. Pentru 35 kV, spre exemplu, timpul de dezionizare este de circa 160 ms, iar pauza de întrerupere de 220 ms. În continuare se face o descriere sumară a releelor de reanclanşare tip R9H 480, construcţie Siemens. pentru reanclanşare monopolară sau multipolară.

a.r.

Termoenergetica

Goldenfarb, I. N., Tarelkin, M. F. **Cîteva particularităţi ale noului cazan de abur-gigant de tipul TPP-110 de 950 t/h.** În : Energomaşinostroenie nr. 7/1962, p. 39

La sfîrşitul anului trecut, uzinele de cazane din Taganrog au terminat construcţia unui puternic cazan de abur de 950 t/h la parametrii supracritici ai aburului, respectiv 255 at şi 585/570°C. Cazanul TPP-110 funcţionează cu mărunt de antracit, avînd evacuarea zgurei în stare fluidă, şi poate să fie uşor adaptat la funcţionarea cu gaze. Capacitatea acestui cazan permite racordarea sa pentru funcţionarea în bloc cu turbina cu abur de tipul K-300-240 de 300 MW.

În articol se descriu unele soluţii tehnice noi în execuţia cazanului, diferite de cele din proiect şi descrise în literatura de specialitate, care se referă în special la camera de ardere, regulatorul de temperatură etc.

Cazanul se livrează sub formă de 435 blocuri preasamblate. Acestea pot fi în continuare preasamblate pe şantier, astfel că numărul total de blocuri se reduce la circa 100. Acest lucru reduce simţitor preţul de cost şi timpul de montaj.

g.c.

Volkov, A. F. **Turbină hidraulică de 230 000 kW pentru UHE Bratsk.** În : Energomaşinostroenie nr. 7/1962. p. 1—4.

Uzinele metalice din Leningrad au proiectat şi construit turbinele hidraulice de 230 UW pentru UHE Bratsk. Caracteristicile acestei turbine sînt :

Căderea hidraulică, m :	
maximă	106
minimă	92
de calcul	96
Debitul maxim, m^3/h	257
Puterea, kW : la presiunea de calcul	217
la mai mult de 100 m	230
Turaţia nominală, rot/min	125
Diametrul rotorului, m	5,5
Randamentul maxim al turbinei, %	93

Această turbină este cea mai mare din lume în comparaţie cu alte turbine de 80, 120 şi 130 UW construite de diferite firme occidentale.

În articol se descriu pe larg particularităţile constructive ale acestei turbine. Se dau primele rezultate din exploatare ale primelor turbine de acest gen instalate la UHE Bratsk. Se menţionează că, deşi condiţiile de exploatare ale acestora sînt diferite de cele de calcul (presiunea nu a depăşit 52 m, faţă de 96 m cît se prevede în proiect), s-a putut trage concluzia că soluţiile adoptate pentru rotorul şi statorul turbinei, precum şi pentru camera spirală prezintă suficientă siguranţă în exploatare.

g.c

Vnukov, A. K. **Încercări pentru determinarea eficienţei arzătoarelor de gaze,** Elektriceskie Stanţii **33** (1962), nr. 7, p. 16—21.

Folosirea noilor mijloace tehnice pentru detectarea nearselor chimice a permis întreprinderea unor cercetări minuţioase menite să stabilească eficienţa diferitelor tipuri de arzătoare folosite în prezent. Încercările s-au efectuat la şapte cazane avînd debite între 40 şi 500 t/h. Determinarea nearselor chimice s-a efectuat cu ajutorul cromatografierii, ceea ce a mărit precizia analizelor de zeci de ori faţă de rezultatele obţinute în trecut cu ajutorul aparatului VTI-2, reducînd şi durata unei analize de la 2—3 ore la 2—3 minute.

Pe baza încercărilor s-a stabilit excesul minim de aer în focar pentru diferitele tipuri de arzătoare şi focare, necesar pentru producerea unei arderi complete. Stabilirea excesului minim s-a făcut atît pentru sarcina maximă, cît şi pentru cea minimă a cazanelor. Ţinînd seama de variaţia pierderilor prin nearse chimice şi prin căldura gazelor evacuate s-a stabilit alura curbei de randament a cazanelor la funcţionare pe gaze în funcţie de sarcină.

În cazul arzătoarelor şi focarelor corect construite, asigurînd un amestec bun al gazelor cu aerul de combustie, excesul minim de aer în focar este 1,05. La o funcţionare cu exces corespunzător s-a constatat că pierderile chimice sînt nule. În acest sens se recomandă modificarea normelor de proiectare.

În măsura în care la scăderea sarcinii nu se majorează excesul de aer în scopul menţinerii temperaturii aburului, randamentul cazanelor se menţine practic constant în domeniul sarcinilor între 50—100%.

i. g.

Fuks, L. A. **Funcţionarea turbogeneratoarelor în regim de compensator sincron.** Elektriceskie Stanţii **33** (1962), nr. 7, p. 84—85.

În scopul experimentării posibilităţii de funcţionare în regim de compensator sincron, ORGRES a făcut încercări la un turboagregat de tip AK—10 cu parametrii la admisie de 29 ata şi 400°C, avînd 12 trepte de acţiune. În cursul probelor s-a urmărit comportarea turbinei antrenate de către generator la funcţionare fără admisie de abur. În schema instalaţiei nu s-au adus modificări importante ; s-a creat însă posibilitatea răcirii aburului de alimentare al labirinţilor. Autorul articolului prezintă în amănunt rezultatele măsurătorilor efectuate. Sînt date grafice care permit urmărirea modificării cîmpului de temperaturi la nivelul diferitelor trepte, în funcţie de regimul de lucru al turboagregatului.Probele au confirmat posibilitatea funcţionării grupului în regim de compensator sincron. Temperatura corpului — la un vid suficient de avansat — nu a depăşit 90°C, menţinîndu-se la 40—50°C la racordul spre condensator.

Turboagregatul a funcţionat o perioadă îndelungată în noul regim de exploatare fără a se produce neajunsuri. Verificarea făcută în timpul reparaţiei capitale arată că nici un element al turbinei nu a suferit deteriorări.

i. g.

Kirş, A. K. **Degazarea în condensatoarele turbinelor cu abur,** Toploenerghetika **9** (1962), nr. 10, p. 35—40.

În cazul centralelor de presiune ridicată o importanţă deosebită trebuie acordată evitării formării unor produse de coroziune pe traseele dintre condensatoare şi degazoare, — produse care antrenate în cazane provoacă avarierea acestora. Într-unul din marile sisteme energetice ale U.R.S.S., 60 — — 80% din depunerile găsite la locul defecţiunii au fost oxizi de fier, care proveneau din porţiunea antemergătoare degazoarelor, acestea funcţionînd tot timpul satisfăcător.

Pentru a cunoaşte condiţiile de degazare în condensatoare, ORGRES a întreprins cercetări la un mare număr de instalaţii de tipuri diferite. În cadrul articolului se prezintă rezultatele măsurătorilor efectuate, obţinute în funcţie de diverşi factori de exploatare : încărcarea condensatorului, debitul şi temperatura apei de răcire, nivelul în condensator, etanşeitatea instalaţiei. Se trage concluzia că în cazul unei etanşeităţi satisfăcătoare se obţine o degazare avansată pînă aproape de funcţionarea în gol, — în cazul instalaţiilor neetanşe nu se poate asigura o îndepărtare eficientă a oxigenului la sarcini mai coborîte de 50—60% din cea nominală. De importanţă deosebită este prevenirea infectării condensatului de bază prin intermediul condensatului secundar provenit de la preîncălzitoarele regenerative şi reintrodus în circuit după condensator.

Este examinată de asemenea problema degazării apei de adaos în condensatoarele turbinelor.

i. g.

Brienne, M. H. **Controlul arderilor prin televiziune.** Mesures et contrôle industriel, martie 1962, p. 321—329.

Se analizează folosirea televiziunii industriale pentru îmbunătăţirea condiţiilor de exploatare a centralelor termoelectrice. Se insistă în special asupra supravegherii şi controlului flăcărilor din focarele cazanelor şi a urmăririi indicatoarelor de nivel. Numai cu ajutorul acestor instalaţii moderne se pot urmări, fără risc, aprinderea automată şi funcţionarea corectă şi stabilă a arzătoarelor alimentate cu gaze, păcură sau cărbune pulverizat. Camera de televiziune, echipată cu un periscop, cu un cîmp larg de observaţii, 120°, se montează pe focar în a cărui deschidere se introduce periscopul. Instalaţia este răcită prin circulaţie de apă şi este îndepărtată automat în caz de accidente. Centralele mari se echipează cu mai multe camere de televiziune ; fiecare cameră supraveghează un număr de arzătoare. Nivelul apei şi al vaporilor este măsurat de la distanţă, tot de televiziune, chiar dacă indicatoarele de nivel sînt în locuri inaccesibile. O sursă de lumină cercetează indicatorul care conţine apă şi vapori, cu indici de refracţie diferiţi, şi proiectează o imagine pe un ecran, cercetat în permanenţă de o cameră de televiziune. Deoarece funcţionarea se bazează pe diferenţa celor doi indici de refracţie, şi cum aceştia variază cu presiunea şi temperatura, există un sistem automat de reglare, astfel ca sistemul de iluminat să fie dirijat în mod permanent pe obiectivul de cercetat. Toată aparatura electronică, amplificatoarele şi receptoarele sînt montate pe un tablou de comandă instalat în camera de comandă termică.

t. w.

Şpakovici, E. Ia. **Folosirea izotopilor radioactivi pentru cercetarea procesului de uzură a bilelor din mori.** Teploenerghetika **9** (1962), nr. 10, p. 10—13.

În scopul cercetării uzurii bilelor din mori, ORGRES a experimentat metoda însemnării bilelor cu izotopi radioactivi. Însemnarea bilelor cu izotopi radioactivi are avantajul că facilitează într-o măsură importantă identificarea bilelor alese pentru cercetare. Faţă de metodele greoaie folosite pînă în prezent, noua metodă permite reducerea duratei probelor de 3—4 ori.

În cadrul articolului se dau detalii cu privire la modul de amplasare a izotopului radioactiv, totodată se descriu încercările efectuate care au permis determinarea uzurii în funcţie de diametrul, compoziţia şi duritatea bilelor în cazul combustibilului şi tipului de moară alese.

Izotopul radioactiv folosit este Fe^{55+59}. Numărul bilelor marcate, utilizate în cadrul probelor, nu a depăşit 20 bucăţi.

i. g.

Hidroenergetică

Zolotariov, Th. **Potenţialul hidroelectric al U.R.S.S.** În : Engineering, **193**, nr. 5007, apr. 1962, p. 458—459.

Potenţialul hidroelectric economic amenajabil al U.R.S.S. reprezintă 197.10^2 kW. sau 1 720 TWh. Caracteristicile centralelor hidroelectrice cu acumulare construite sau în construcţie în septenalul 1959—1965 sînt arătate în tabela 1..

Tabela 1

Centrala	Rîul	Volum (10^9 m^3)	Surafaţa (km^2)
Bratsk	Angara	179	5 500*
Krasnoiarsk	Ienisei	77,5	2 150*
Volga „Lenin”	Volga	56	5 900+
Buhtarma	Irtîş	53	5 500+
Irkuţsk	Angara	46	32 970+
Volgograd	Volga	31,5	3 165+
Rîbinsk	Volga	25,4	4 550+
Ţimleanskaia	Don	24	2 610+
Kahovka	Nipru	18,2	2 155+
Mingheceaur	Kura	16	600+
Kremenciug	Nipru	14,8	2 240+
Saratov	Volga	12,9	1 950+
Perm	Kama	10,7	1 720+

* în construcţie ; * în exploatare.

a.r.

MUNCITORI
TEHNICIENI
INGINERI —

Editura tehnică publică cărți tehnice în următoarele domenii ale tehnicii și științelor aplicate: metalurgie, construcții de mașini și utilaje, energetică, electrotehnică, automatică, electronică industrială, radio, televiziune, telecomunicații cu fir, chimie, industrie chimică, geologie, mine, petrol și gaze, construcții, materiale de construcții, instalații, industria lemnului, industrie ușoară, industrie alimentară, transporturi, matematică, fizică, dicționare-lexicoane, arhitectură.

Cărțile apărute în Editura tehnică se pot procura:

- **DIN LIBRĂRIILE DE LA ORAȘE ȘI SATE**
- **PRIN MAGAZINELE COOPERAȚIEI DE CONSUM**
- **PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN ÎNTREPRINDERI ȘI INSTITUȚII**
- **PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN COMUNE ȘI SATE**

PENTRU A CONTRIBUI LA ÎMBUNĂTĂȚIREA ACTIVITĂȚII EDITORIALE CU PRIVIRE LA LITERATURA TEHNICĂ, TRIMITEȚI OBSERVAȚIILE ȘI PROPUNERILE DVS. LA:

EDITURA TEHNICA

Str. ȘTIRBEI VODĂ Nr. 37
RAIONUL „16 FEBRUARIE"
BUCUREȘTI

A APĂRUT VOLUMUL XI

din

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— ELABORARE NOUĂ —

Volumul conține termenii directori care încep cu literele **Med — Oz**

Costul unui volum 100 lei

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 620.9:620.311.1(498)

Stăncescu, I. D: **Достижения и новые направления в области энергетики**

Energetica 11 (1963) № 1, стр. 1–6

ДК 621.182.004.6

Iftimie, P.: **Аспекты явления ползучести на электростанциях с высокими параметрами.**

После краткого освещения рассматриваемого явления и новейших теорий приводятся расчетные уравнения, анализируется авария на ТЕЦ Грозэвешть и дается практический пример расчета релаксации больтов.

Energetica 11 (1963) № 1, стр. 7–19

ДК 621.316.925:621.316.1

Moraile, G.: **Мероприятия по улучшению релейной защиты, вытекающие из анализ динамических режимов, вызываемых характерными авариями.**

Исходя от анализа явлений возникающих во время системных или местных аварий, уточняется ряд закономерностей, учет которых необходим при выборе решений связанных с релейной защитой.

Energetica 11 (1963) № 1, стр. 20–30

ДК 621.316.1.064

Pomîrleanu, J. и *Cigusievici, M.*: **Испытания короткого замыкания в высоковольтной сети.**

Описывается испытание коротокого замыкания, проведенного в энергетической системе для проверки блокировочных катушек и выключателя на 10 кв.

Energetica 11 (1963) № 1, стр. 30–37

НА ПОМОЩЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННИКАМ, 38–49

РЕЦЕНЗИИ, 50–52

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 52–55

INHALTSVERZEICHNIS

KD 620.9:620.311.1(498)

Stăncescu, I. D.: **Stand und neue Entwicklungsrichtungen in der Energiewirtschaft**

Energetica 11 (1963) H. 1, S. 1–6

KD 621.181.004.6

Iftimie, P.: **Betrachtungen über Kriechvorgänge in den Wärmeeinrichtungen von Dampfkraftwerken mit hohen Dampfzuständen.**

Nach kurzer Darstellung der Kriechvorgänge und der neuesten diesbezüglichen Theorien, werden Berechnungsformeln angegeben und, auf Grund eines im Dampfkraftwerk Grozăvești entstandenen Kesselbruchs, die Daten über das Nachgeben der Schrauben durchgerechnet.

Energetica 11 (1963) H. 1, S. 7–19

KD 621.316.925:621.316.1

Moraile, G.: **Massnahmen zur Verbesserung des Relaisschutzes auf Grund einer Untersuchung der durch typische Störungen entstehenden dynamischen Betriebszustände.**

Aus der Untersuchung der während örtlicher oder weitreichender Netzstörungen enstehenden Vorgänge ergeben sich eine Reihe von Grundsätzen, welche bei der Wahl der Lösungen für den Relaisschutz in Betracht gezogen werden müssen.

Energetica 11 (1963) H. 1, S. 20–30

KD 621.316.1.064

Pomîrleanu, J. und Cigusievici, M.: **Kurzschlussproben in Hochspannungsleitungen.**

Es werden in einem Verbundnetze für Überprüfung von Sperrspulen und 10k V-Schalter vorgenommene Kurzschlussproben beschrieben.

Energetica 11 (1963) H. 1, S. 30–37

FÜR DIE BETRIEBE, 38–49

REZENSIONEN, 50–52

DOKUMENTATION, 52–55

SOMMAIRE

CD 620.9 :620.311.1(498)

Stăncescu, I. D. : **Réalisations et tendances nouvelles dans le domaine énergétique**

Energetica *11* (1963) no. 1, p. 1–6

CD 621.181.004.6

Iftimie, P. : **Les aspects du phénomène de fluage dans l'équipement thermique des centrales électriques à paramètres élevés.**

Après une brève description du phénomène de fluage et des plus récents théories concernant ce phénomène, l'article indique quelques formules de calcul et analyse les défauts survenus à la centrale thermique de Grozăvești. A la fin, on fait une application numérique du calcul de la relaxation des boulons.

Energetica *11* (1963) no. 1, p. 7–19

CD 621.316.925 :621.316.1

Moraite, G. : **Amélioration de la protection par relais, résultat de l'analyse des régimes dynamiques produits par des défauts caractéristiques.**

Prenant comme point de départ l'analyse des phénomènes qui se produisent pendant les défauts dans le réseau, ou les défauts locaux, l'auteur établit une série de principes dont on doit tenir compte quand on choisit les solutions pour la protection par relais.

Energetica *11* (1963) no. 1, p. 20–30

CD 621.316.1.064.

Pomirleanu, J. et *Cigusievici, M.* : **Essais de court-circuit dans un réseau à haute tension.**

L'article décrit les essais de court-circuit effectués dans un réseau électrique, pour vérifier les bobines de blocage ainsi qu'un disjoncteur de 10 kV.

Energetica *11* (1963) no. 1, p. 30–37

A L'AIDE DE L'EXPLOITATION, 38–49

COMPTES-RENDUS, 50–52

DOCUMENTATION, 52–55

CONTENTS

DC 620.9 :620.311.1(498)

Stăncescu I. D. : **Achievements and new trends in the field of energetics**

Energetica *11* (1963) No. 1, p. 1–6

DC 621.181.004.6

Iftimie P. : **Creeping phenomena in the thermal equipment of high parameters power plants.**

After a short presentation of creeping phenomena and of the latest theories about it, the author resumes the calculation formulas, investigates the fault at power plant Grozăvești and proposes a numerical application to the calculus of bolt relaxation.

Energetica 11 (1963) no. 1, p. 7–19

DC 621.316.925 : 621.316.1

Moraite G. : **Improving relay protection by analysing the dynamic rate caused by characteristical faults.**

Some principles to be considered when choosing between several solutions given to relay protection are established by analysing phenomena brought about by local or system faults.

Energetica 11 (1963) no. 1, p. 20–30

DC 621.316.1.064

Pomirleanu J. and *Cigusievici M.* : **Short circuit trials in the h.v. network**

The author describes short circuit trials in the system in view of testing locking coils and a 10 kV circuit breaker.

Energetica 11 (1963) no. 1, p. 30–37

ASSISTANCE TO THE EXPLOITATION, 38–49

REVIEWS, 50–52

DOCUMENTATION, 52–55

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1963

(Urmare de pe coperta a II-a)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. El trebuie să completeze expunerea din text și va fi referit cu grijă în text, indicîndu-se sursa lui.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se vor face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

Abonați-vă la PUBLICATIILE TEHNICE MMEE

REVISTA MINELOR

Revistele tehnice editate de Ministerul Minelor şi Energiei Electrice contribuie la îmbogăţirea cunoştinţelor tehnice ale inginerilor, tehnicienilor, inovatorilor, publicînd articole de specialitate, articole de sinteză, note documentare cu privire la cele mai noi realizări ale tehnicii noastre şi de peste hotare, recenzii de cărţi tehnice, inovaţii etc.

Abonîndu-vă la revistele tehnice, creați cadrelor tehnice din instituția dv. condiții optime de realizare a sarcinilor ce le revin în cadrul planului de șase ani.

Costul unui abonament pentru ingineri și tehniceni: 30 lei; pentru biblioteci, instituții, cabinete tehnice etc : 100 lei. Plata se face prin cont virament 04002014 B. I. - Filiala București sau la administrația publicațiilor: București, Calea Victoriei Nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.07.30.

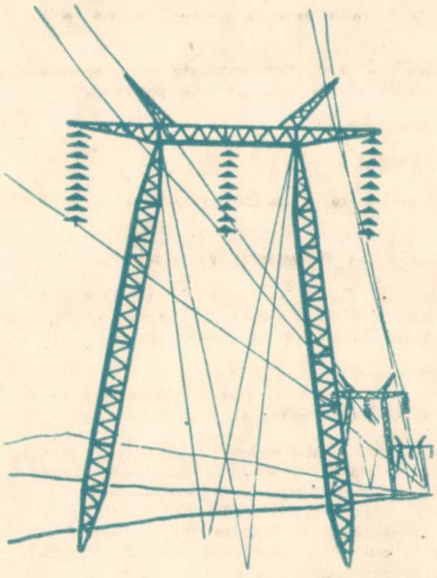
ENERGETICA

Lei 5

E 2039
R

ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 2 ★ ENERGETICA



2

BUCUREȘTI ★ FEBRUARIE ★ 1963

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare :

1.1.1. de importanţă generală (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. tehnico-ştiinţifice, speciale, teoretice sau experimentale, avînd contribuţii originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. tehnice obişnuite (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. Organizarea lucrării.

2.1.1. Titlul va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. Numele autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. Impărţirea pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. Textul. În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. Anexele pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text : de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. Citarea literaturii de specialitate. Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. Prezentarea lucrării :

2.2.1. Nivelul articolelor va fi înalt.

2.2.2. Stilul. Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări, cu excepţia celor unanim recunoscute.

2.2.3. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuaţie şi indicarea rezultatelor. Pentru demonstraţii se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. Tabelele se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă şi diagramă. Tabelele vor fi referite în text şi se va indica sursa lor.

2.2.5. Materialul grafic ilustrativ (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară şi intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text şi vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. Sistematizarea şi numerotarea capitolelor se va face cu grijă, evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării :

2.3.1. Terminologie, mărimi şi unităţi. Se recomandă a fi conforme cu normele internaţionale şi STAS în vigoare.

2.3.2. Scrierea formulelor. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în paranteze rotunde, în dreapta.

2.3.3. Figurile trebuie executate unitar şi raţional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicaţia figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. Notele din text se numerotează în continuare.

2.3.5. Citarea literaturii în text se face prin simpla indicare a poziţiei lucrării în cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte menţiuni.

2.3.6. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteze), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. Paginaţia se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. Expedierea. Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A 4 şi cu plicul conţinînd materialul grafic ilustrativ anexat.

3. RELAŢII CU REDACŢIA

3.1 Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. În notă se vor indica : titluri academice, funcţiuni, localitatea şi adresa, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esenţiale faţă de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

ENERGETICA

ANUL 11 **Nr. 2** FEBRUARIE 1963

Număr special consacrat consfătuirii: „Regimul apei la cazanele de abur cu parametri înalți, din centralele electrice", organizată de I.S.C.I.R. și D.E.E. din M.M.E.E. București, 25–27 octombrie 1962

CUPRINS

CZ 621.187.12 : 621.311.22(065)

Lucrările consfătuirii : „Regimul apei la cazanele de abur cu parametri înalți din centralele electrice" București, 25–27 octombrie 1962

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 57–58

CZ 621.187.12 : 621.311.22

Stanisavlievici, L. : **Tendințe actuale în tratarea apei pentru cazane**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 59–60

CZ 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Negulescu, L. : **Concepții moderne în fixarea regimului chimic al apei la cazanele de abur cu parametri înalți și foarte înalți**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 61–63

CZ 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Fodor, C. : **Probleme legate de proiectarea instalațiilor de demineralizare a apei pentru centralele electrice**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 64–74

CZ 621.187.12 : 621.311.22

Neuberger, G. : **Unele aspecte ale regimului chimic al apei în centralele termoelectrice**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 74–77

CZ 621.187.12.001

Stanisavlievici, L. : **Echilibrarea etajelor din schemele de demineralizare a apei.**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 77–81

CZ 621.187.12.003

Condurache, E. : **Variația reținerii acidului carbonic de către schimbătorii anionici mediu bazici (polifuncționali)**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 81–84

CZ 121.187.12.003.15

Fendrihan, L. : **Experiența folosirii hidrazinei în exploatare.**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 84–88

DOCUMENTARE, p. 89–92

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STANCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SANDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția : București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația : „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : „IPROMIN"—Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B.I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică nr. 2 București — c. 5128

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962.

ENERGETICA

ANUL 11
1963
Nr. 2
FEBRUARIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Consfătuirea privind regimul apei la cazanele de abur cu parametri înalţi din centralele electrice

Bucureşti, 25—27 octombrie 1962

La iniţiativa comună a Inspectoratului de stat pentru cazane şi instalaţii de ridicat (I.S.C.I.R.) şi a Direcţiei energiei electrice (D.E.E.) din Ministerul Minelor şi Energiei Electrice, a fost organizată la Bucureşti, în zilele de 25, 26 şi 27 octombrie 1962, o consfătuire cu tema ,,Regimul apei la cazanele de abur cu parametri înalţi din centralele electrice".

Acţiunea a avut drept scop de a contribui la ridicarea nivelului profesional al lucrătorilor din acest domeniu de activitate şi la îmbunătăţirea muncii lor.

Centralele nou construite şi cele amplificate, precum şi cele în curs de construcţie sau de amplificare, în cadrul planului de şase ani, lucrînd cu parametri înalţi, impun cerinţe calitative severe apei de alimentare a cazanelor. Instalaţiile de tratare a apei ale acestor centrale sînt concepute pe baza procedeelor tehnice celor mai moderne, cerînd personalului de conducere al exploatării cunoştinţe profesionale de înaltă calificare.

Aceste cunoştinţe se referă la un ansamblu de probleme legate între ele: fundamentarea criteriilor pentru regimul apei la cazane; reglementarea acestor criterii prin prescripţii oficiale, probleme de proiectare, de montaj, de materiale; experienţa exploatării.

Consfătuirea a adus un aport de netăgăduit la cunoaşterea şi aprofundarea acestui complex de aspecte, prin referatele care au fost prezentate, referate caracterizate printr-un nivel tehnic înalt şi axate în cea mai mare măsură pe experienţa proprie din ţara noastră. Acţiunea de informare prin referate a fost completată printr-un schimb direct de experienţă şi de păreri în cadrul discuţiilor purtate. Pe lingă aceasta s-au trecut în revistă şi neajunsurile existente, care îngreuiază buna desfăşurare a muncii, şi s-au precizat căile de remediere a lor.

Au luat parte la consfătuire personalul de conducere a secţiilor chimice, ingineri din serviciile tehnice şi din producţie, al centralelor principalelor sectoare industriale: Ministerul Minelor şi Energiei Electrice, Ministerul Petrolului şi Chimiei, Ministerul Industriei Uşoare, proiectanţi din diferite institute de proiectare: I.S.P.E., IPROCHIM, I.P.C.S.H.; delegaţi de la I.S.C.I.R., T.C.M.E., I.RM.E. şi de la uzina ,,Vulcan".

Programul consfătuirii prevedea două zile de prezentare de referate şi discuţii, a treia zi fiind destinată vizitării centralei lectrice Brazi. Referatele susţinute în prima zi tratau probleme cu caracter mai general; cele susţinute în ziua a doua se refereau la probleme de specialitate.

Consfătuirea s-a ţinut în sala C.N.I.T. din strada M. Eminescu nr. 8, desfăşurarea fiind următoarea:

Joi 25 octombrie 1962 ora 9,30, deschiderea consfătuirii. Tov ing. M. Aldea, director al I.S.C.I.R., a relevat utilitatea întîlnirii, cu această ocazie, a specialiştilor în problemele regimului apei la cazane, pe linie de reglementare şi coordonare, proiectare, construcţie, montaj şi exploatare.

Prin aceasta, participanţii au posibilitatea de a cunoaşte mai aprofundat problemele tehnice ridicate de dezvoltarea în ritm rapid a instalaţiilor energetice, greutăţile existente în activitatea lor profesională şi, printr-un schimb activ de păreri, să concretizeze măsurile care trebuie luate pentru eliminarea acestor greutăţi. Urînd spor la muncă participanţilor, vorbitorul şi-a exprimat convingerea că această consfătuire va contribui în mod pozitiv la efortul depus de toţi oamenii muncii pentru traducerea în viaţă a Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R., legate de îndeplinirea şi depăşirea planului de şase ani.

Au fost prezentate apoi următoarele referate:

Ing. Cornel Suşman (D.G.M.S.I.) — *Reglementarea regimului chimic al apei la cazanele de abur şi probleme legate de aplicarea acestei reglementări.*

Ing. Lucian Negulescu (D.G.M.S.I) — *Concepţii moderne în fixarea regimului chimic al apei la cazanele de abur cu parametri înalţi şi foarte înalţi.*

Ing. Constantin Fodor (I.S.P.E.) — *Probleme legate de proiectarea instalaţiilor de demineralizarea apei pentru centralele electrice.*

Ing. Gideon Neuberger (I.R.M.E.) — *Unele aspecte ale regimului chimic al apei în centralele termoelectrice.*

În legătură cu referatele susţinute şi cu problemele legate de activitatea practică din acest sector, au urmat discuţii şi schimburi de păreri, rezumate mai jos.

Vineri 26 octombrie 1962, ora 8.30 s-a deschis a doua zi a consfătuirii, prezentîndu-se următoarele referate:

Ing. Louis Stanisavlievici (D.E.E.) — *Echilibrarea etajelor din schemele de mineralizarea apei.*

Chimist Eugen Condurache (I.C.T Borzeşti) — *Variaţia reţinerii acidului carbonic de către schimbătorii anionici mediu bazici (polifuncţionali).*

Ing. **Liviu Fendrihan** (I.C.T Brazi) — *Experiența folosirii hidrazinei în exploatare.*

Referatele prezentate și problemele specifice sectorului au prilejuit discuții și un schimb de păreri.

În ambele ședințe, participarea celor prezenți la dezbaterea problemelor a fost vie și cu conținut, contribuind la precizarea tuturor aspectelor care au fost puse.

Discuțiile purtate s-au orientat, în mare parte, după problemele ridicate în referatul tov. ing **Cornel Sușman**, care concretizează punctul de vedere al I.S.C.I.R. și indică o serie de măsuri ce trebuie luate pentru rezolvarea lipsurilor existente.

Principalele lipsuri, confirmate și prin discuțiile purtate, sînt : lipsa de coordonare în probleme de proiectare, construcție, montaj și exploatare a instalațiilor de tratarea apei, ducînd la paralelisme numeroase, care dăunează rezolvării unitare și raționale, reprezintă o risipire de eforturi și scade economicitatea ansamblului activității.

Tipizarea instalațiilor s-a realizat pînă acum doar sporadic, limitată în cadrul institutelor de proiectare, necoordonată pe totalitatea acestor institute și lipsită de colaborarea constructorilor de cazane.

Această dispersare a activităților și paralelismele care sînt o consecință a acesteia nu pot fi eliminate sau corectate, într-o fază anumită a desfășurării lor, din lipsa unui for superior de avizare sau de îndrumare.

Temele date de beneficiari institutelor de proiectare nu pot fi verificate și, la nevoie, corectate, din lipsa bazei tehnice materiale corespunzătoare la aceste institute.

Soluțiile propuse de proiectanți nu sînt verificate prin încercări pe stații-pilot ; proiectanții nu pot asigura volumul de lucrări necesare punerii în funcțiune a instalațiilor pe care le-au proiectat.

Aceeași consecință o au și alte lipsuri, cum sînt : calitatea nesatisfăcătoare a armăturilor și a protecției antiacide a echipamentului instalațiilor de tratare a apei, calitatea necorespunzătoare a sticlăriei de laborator și a reactivilor fabricați în țară.

Posibilitățile de documentare în problemele de tehnica tratării apei și a experienței de exploatare din țară și din străinătate sînt limitate, exprimîndu-se dorința ca revistele noastre tehnice — în special ,,Energetica" — să rezerve spațiu grafic mai mare acestor probleme.

Sintetizînd aceste constatări și observații, s-a întocmit un proiect de rezoluție, care a fost citit și discutat în ședința din după-amiaza zilei de vineri 26 octombrie, aducîndu-i-se cîteva completări. În forma definitivă, el are următorul conținut :

Rezoluția consfătuirii

Cei peste 100 de participanți la consfătuire, ascultînd referatele prezentate, urmate de discuții legate de temele expuse, au căzut de acord asupra următoarelor propuneri, menite să asigure o exploatare sigură și economică a cazanelor de abur, în vederea realizării sarcinilor care revin oamenilor muncii din sectoarele industriale în cadrul Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. legate de îndeplinirea și depășirea planului de șase ani.

1. Elaborarea de către I.S.C.I.R a unor normative cuprinzînd ansamblul problemelor legate de proiectarea, construirea, montarea și exploatarea stațiilor de tratare a apei în vederea realizării indicilor la nivelul tehnic mondial.

2. M.I.P.C. să îmbunătățească calitatea cationitului ,,Victoria C.S.-1", aducîndu-l la performanțele cationiților de acest tip produși pe piața mondială, și totodată să lărgească sortimentul de schimbători de ioni, asigurînd necesarul instalațiilor de demineralizare în curs de proiectare.

3. M.I.P.C. să introducă în planul de producție reactivii necesari controlului chimic al apei, în special complexonul și indicatori complexometrici, și totodată să asigure în cantități suficiente ceilalți reactivi.

4. De asemenea M.I.P.C. să îmbunătățească calitatea materialului anticorosiv pentru instalațiile de demineralizare a apei produs de întreprinderea ,,Anticorosiv".

5. Ministerul Industriei Ușoare să îmbunătățească calitatea sticlăriei pentru laboratoarele chimice, pentru ca lucrările cerute de controlul exploatării să se poată desfășura în condițiile prescrise de metodele de determinare de înaltă precizie.

6. Crearea unui for superior de avizare a proiectelor de instalații de tratare a apei, elaborate de diferitele institute de proiectare.

7. I.S.P.E să fie dotat cu baza tehnică materială :

a) pentru verificarea temelor de proiectare primite de la beneficiar ;

b) pentru punerea în funcțiune a stațiilor de tratare a apei.

8. Includerea în planul tematic al întreprinderilor de specialitate (,,Termotehnica", I.R.M.E. ș.a.) a aparaturii pentru controlul automat al instalațiilor de tratare a apei, ca de exemplu conductometre, *p*H-metre, silicometre, durometre.

9. Organizarea de către I.S.C.I.R. a unei consfătuiri de lucru cu proiectanții de specialitate din institutele de proiectare în vederea elaborării unui plan tematic de tipizare a utilajelor folosite în instalațiile de tratare a apei.

10. Elaborarea de către I.S.C.I.R. a instrucțiunilor de școlarizare și autorizare a personalului de deservire a instalațiilor de tratare a apei.

11. Dezvoltarea sectorului de construcție a instalațiilor de tratare a apei la uzinele ,,Vulcan", în vederea realizării unor utilaje la nivelul tehnicii mondiale.

12. I.S.C.I.R. și D.E.E. vor asigura publicarea în revista ,,Energetica" a materialelor prezentate la actuala consfătuire.

13. I.S.C.I.R. și D.E.E. să intervină la CTN în vederea studierii posibilității de a crea o organizație unică de cercetare, studii, proiectări și raționalizări în domeniul tratării apei pentru cazane.

Simbătă 27 octombrie 1962, un număr de peste 60 participanți la consfătuire au făcut o vizită colectivă la centrala Brazi. Primiți de conducerea centralei, participanții au ascultat explicațiile de ordin general privind instalațiile date de tov. inginer-șef **I. Nicolescu** și de tov. **L. Fendrihan**, șeful secției chimice, după care — împărțiți în grupuri — au vizitat instalațiile de tratare a apei, laboratoarele chimice, sala cazanelor și sala mașinilor.

Cu întoarcerea în București a participanților, consfătuirea a luat sfîrșit.

Referatele prezentate la consfătuire sînt publicate în cuprinsul revistei.

Tendinţe actuale în tratarea apei pentru cazane

*LOUIS STANISAVLIEVICI** — Bucureşti

Tehnica tratării apei pentru cazane a apărut abia în anii imediat următori primului război mondial. Dezvoltarea industrială din a doua jumătate a secolului al XIX-lea nu a cuprins şi această ramură, iar neajunsurile provocate în exploatarea cazanelor din cauza apei necorespunzătoare au fost acceptate ca un rău necesar sau au fost remediate empiric.

Într-un timp relativ scurt, evoluţia acestei tehnici a creat posibilităţile de a folosi la cazane parametrii cei mai înalţi, pentru care premisele teoretice şi soluţiile tehnice erau pregătite. Metodele existente de tratare a apei satisfac exigenţele cele mai mari ale termoenergeticii şi performanţele realizate ating deseori valori situate la limita sensibilităţii metodelor de control celor mai perfecţionate.

În stadiul actual, problemele ivite în exploatare legate de tratarea apei sînt datorite fie unei deficienţe în rezolvarea corespunzătoare, fie neglijării unor aspecte specifice. Dintre acestea din urmă fac parte mai ales considerente de ordin economic, aplicate cu stricteţe exagerată la soluţionarea, cu minim de cheltuieli de investiţii, de import şi de exploatare, a ansamblului problemei tratării apei pentru cazane.

Ţinînd seamă că, tehnic, astăzi toate problemele tratării apei se pot soluţiona, iar, economic, siguranţa funcţionării şi funcţionarea continuă a agregatelor termomecanice sînt criterii reale de durată, prevalînd asupra unor criterii de oportunitate, oricît de întemeiate ar apărea acestea, se preconizează ca tratarea apei pentru cazane să fie rezolvată uniform, fără a mai lua în considerare parametrii de funcţionare. Este adevărat că această tendinţă nu se reflectă încă integral în recomandările şi prescripţiile privind regimul chimic al apei pentru cazane, dar se remarcă o simplificare în ceea ce priveşte anumite categorii de cazane (cu circulaţie forţată, fără ţevi fierbătoare etc.) şi aburul pentru turbinele cu condensaţie.

Procedeele de tratare aplicate curent sînt următoarele:

Procedee chimice, folosite aproape exclusiv numai la pretratarea apei, şi anume la eliminarea suspensiilor fine şi a substanţelor organice şi coloidale, prin coagulare şi limpezire. Adăugînd un reactiv alcalin — de regulă varul — se realizează şi o eliminare parţială a fierului, manganului şi silicei, cu o oarecare reducere a bicarbonaţilor de calciu şi de magneziu (duritate temporară).

Reducerea pronunţată a durităţii temporare, decarbonatarea, ca o treaptă premergătoare tratării ulterioare, se realizează cu var, la rece sau la cald, în reactoare cu turbulenţă, sub presiune. Concomitent are loc şi reducerea silicei, a fierului şi a manganului. Procedeul singur se aplică la ape limpezi, iar pentru ape încărcate cu impurităţi, o dată cu coagularea, în reactoare verticale, cu strat de precipitaţii în suspensie.

Adaosul de reactivi, al căror efect se bazează pe reacţii chimice, se execută ca o completare a tratării apei, folosindu-se în acest scop: hidrazina, pentru legarea O_2 rezidual şi alcalinizare: amoniacul, pentru legarea CO_2 rezidual şi alcalinizare; orto - şi polimetafosfaţii alcalini pentru precipitarea, respectiv complexarea durităţii reziduale, se foloseşte mai ales la tratarea apei de răcire.

Cicloaminele se folosesc ca protecţie împotriva coroziunii circuitului apei şi a condensatului; efectul lor este bazat însă numai pe unul pur fizic (formarea unui film protector).

Procedee cu schimbători de ioni. Pentru dedurizare (eliminarea cationilor Ca şi Mg) se folosesc schimbători cationici lucrînd în ciclul Na. Apele bogate în duritate temporară se pot decarbonata în prealabil cu var, la cald, deoarece schimbătorii rezistă la temperaturile de lucru de 100°.

Demineralizarea parţială — adică eliminarea totală a cationilor Ca şi Mg, iar a anionului HCO_3^- pînă la o valoare de siguranţă — se execută cu schimbători cationici, lucrînd în ciclul Na, respectiv H, legaţi în paralel sau în serie. În anumite cazuri se foloseşte un ciclu mixt, regenerarea făcîndu-se cu un amestec de soluţii de acid şi de sare.

Demineralizarea totală a apei se execută după diferite scheme, în raport cu factorii specifici care intervin şi cu considerente economice.

Schemele complexe folosesc toate tipurile curente de schimbători, şi anume: cationici, carboxilici şi sulfonici, anionici slab bazici şi puternic bazici; aceştia din urmă, în anumite cazuri, sînt de tip poros. Filtrele cu pat mixt au, în aceste scheme, rol de tampon final.

Schemele simple sînt constituite din schimbători cationici sulfonici şi schimbători anionici puternic bazici, sau numai din filtre cu pat mixt. Aceştia pot folosi şi ca filtre de lucru, adică şi în cazul apelor cu conţinut mai mare în ioni, dar necesită în acest caz o apă lipsită complet de suspensii, deci filtrată în prealabil.

În cazul apelor cu conţinut mic în ioni (condensat), filtrele cu pat mixt pot lucra cu sarcini specifice foarte mari, de cel puţin 4—5 ori decît cele normale.

---

* *L. Stanisavlievici* este inginer principal la D.E.E. din M.M.E.E.

Nu se aplică scheme-tip de demineralizare totală, nici nu se consideră că se pot substitui, ca fiind echivalente, anumite scheme mai des aplicate în practică. Numărul de etaje ale schemei, încărcarea filtrelor din etajele respective, executarea schemei ca linii sau ca grupuri de filtre, felul asigurării regenerării inseriate, amploarea părţii finale (desiliciere) şi încă alte particularităţi trebuie adaptate fiecărui caz în parte, spre a realiza soluţia tehnico-economică cea mai favorabilă.

Pentru funcţionarea după un grafic simplu şi sigur — mai ales în cazul liniilor — şi a eficienţei regenerării inseriate, etajele schemei se „echilibrează” între ele.

Tipizarea filtrelor ionice trebuie să ţină seamă că de concepţia tehnică şi de calitatea execuţiei depind, în mare măsură, rezultatele din exploatare care se obţin cu aceste filtre. Rezultatele se referă la eficienţa regenerării, la consumul de apă pentru spălare şi, ca o consecinţă, la capacitatea utilă. Schimbătorii nu au aceleaşi caracteristici de funcţionare, necesitînd adaptarea filtrelor pentru cazul dat. Realizarea vitezelor mari de filtrare este determinată de execuţia filtrelor ; în fine, pentru „paturile mixte” este necesar un echipament special.

Automatizarea etajelor de bază ale schemelor de demineralizare este destul de răspîndită, automatizarea întregii scheme aplicîndu-se mai ales la execuţia în linii. De regulă însă, etajele finale sau filtrele-tampon cu pat mixt nu se automatizează, deoarece durata ciclului lor de lucru este mai mare decît a etajelor de bază.

Controlul funcţionării se execută exclusiv cu aparate automate indicatoare şi înregistratoare ; aceste aparate, în cazul automatizării, comandă şi vanele pentru operaţiile necesare. La instalaţiile mari se prevede o cameră de control.

Domeniul de aplicare a schimbătorilor fiind foarte vast, calităţile acestora se îmbunătăţesc continuu şi se elaborează tipuri noi, fapt de care profită şi tehnologia tratării apei.

Procedee fizice. Demineralizarea totală a apei cu ajutorul căldurii, prin vaporizatoare, este tot atît de eficientă ca şi cu schemele complexe de schimbători. Vaporizatoarele de construcţie perfecţionată dau un distilat cu un conţinut de săruri corespunzînd la o conductivitate de 0,1—0,2 μs/cm şi în silice de 0,005 mg/l.

Folosirea procedeului fizic este determinată, pe lîngă considerente economice, de factori specifici exploatării respective, cum ar fi, între altele, asigurarea apei de alimentare pentru pornirea cazanelor după opriri totale.

Evitarea impurificării condensatoarelor constituie o preocupare primordială în centralele cu parametri ridicaţi, deoarece toţi componenţii apei de alimentare trebuie să păstreze continuu caracteristicile apei de adaos, care este total demineralizată.

Pentru condensatul turbinelor, măsurile care se iau sînt :

1. Condensatoarele, prin modificări constructive, permit colectarea separată a condensatului impurificat prin intrări de apă de răcire la mandrinările ţevilor (pereţi frontali dubli) şi colectarea separată a condensatului impurificat din zonele unde au apărut pori sau fisuri în ţevi (prin compartimentarea părţii inferioare a condensatorului).

2. Filtrarea mecanică, prin cărbune activ, fie preventiv a unei părţi din debit, fie, la nevoie, a întregului debit.

3. Demineralizarea condensatului impurificat în etajele finale ale instalaţiei pentru apa de adaos, sau în filtre cu pat mixt lucrînd cu sarcini specifice mari.

Pentru condensatul întors de la consumatorii industriali se prevăd instalaţii separate pentru tratarea lui, deoarece impurităţile pe care le poate conţine sînt, deseori, diferite de cele ale condensatului turbinelor, iar concentraţia lor absolută sau relativă ar putea stînjeni schimbul ionic în etajele finale.

Coroziunea circuitului apă-abur-condensat, inclusiv a echipamentului termomecanic respectiv, contribuie la degradarea materialului şi mai ales a calităţii apei de alimentare a cazanelor, cu consecinţele cunoscute. Ea se evită prin : degazarea intensivă termică şi chimică a apei, cu hidrazină ; alcalinizarea circuitului, cu amoniac şi hidrazină ; protejarea conductelor reci prin cauciucare şi a celor calde prin cicloamine ; înlocuirea cuprului şi a alamei la ţevile schimbătoarelor de căldură prin oţeluri aliate ; în fine, prin tratarea apei de răcire spre a se evita coroziunea ţevilor condensatoarelor pe partea de apă.

Regimul chimic al apei, astfel cum se poate şi trebuie realizat în centralele cu parametri ridicaţi, permite o exploatare a cazanelor fără purje continue, ceea ce prezintă incontestabile avantaje economice. Pentru aceasta se menţin în apa de alimentare concentraţiile în impurităţi pe care aburul — pe baza unor considerente teoretice şi practice — le poate conţine, fără a provoca depuneri în turbinele de presiune înaltă. Acest lucru se referă mai ales la conţinutul în silice.

Încercări practice efectuate încă acum 15 ani au dovedit posibilitatea de a exploata cazanele de abur cu parametri ridicaţi în regim neutru de apă. Acest regim este justificat teoretic, dar în practică el este dependent atît de probleme de materiale cît şi de funcţionarea ireproşabilă a echipamentului (degazare, condensatoare etc.). Actualmente el nu şi-a găsit o răspîndire mai largă, dar acolo unde condiţiile necesare există poate fi aplicat.

Concepţii moderne în fixarea regimului chimic al apei la cazanele de abur cu parametri înalţi şi foarte înalţi

*LUCIAN NEGULESCU** Bucureşti

Trecerea la presiuni şi temperaturi înalte a pus probleme importante construcţiei şi exploatării cazanelor cu aceşti parametri.

Astfel, în soluţiile constructive s-au ales elementele rezistente la presiunea înaltă, ţevi de diametre reduse, iar ca mod de îmbinare sudura, mandrinarea şi nituirea fiind inutilizabile în acest caz.

Problema oţelului rezistent la temperatură pentru supraîncălzitoarele cazanelor de presiune înaltă nu a fost rezolvată. Folosirea aburului de presiuni şi temperaturi înalte a avut totuşi urmarea că în ultimele trepte ale turbinei umiditatea aburului a fost prea mare. Ceea ce s-a cîştigat printr-un randament termic ridicat a fost pierdut prin acţiunea de frînare a picăturilor de apă.

Calitatea apei de alimentare pentru domeniul presiunilor înalte a fost necunoscută. S-a aşteptat, pe drept cuvînt, să se vadă efectele purităţii aburului, ale coroziunilor, depunerilor şi altele.

La stabilirea calităţii apei de alimentare au contribuit, în primul rînd, necesitatea unui abur de înaltă puritate, care să asigure funcţionarea turbinelor fără formarea de depuneri şi, în al doilea rînd, posibilităţile tehnice înaintate de obţinere a unei ape cît mai pure.

În ceea ce priveşte calitatea aburului impus de funcţionarea turbinei în condiţii optime, fără depuneri pe paletaj, este necesar să se cunoască procesul de formare a aburului în condiţiile cazanelor cu parametri înalţi, precum şi procesul de formare a depunerilor în diferitele zone ale turbinelor de putere mare.

La producerea aburului saturat, o mare importanţă are cunoaşterea exactă a proceselor care au loc pe partea de apă a ţevilor fierbătoare, precum şi modul de transmitere a căldurii de la peretele ţevii către apa care fierbe.

Aburul ia naştere sub formă de bule. Suprafaţa curbă a acestor bule constituie limita de separaţie între faza lichidă şi cea de vapori şi posedă o tensiune superficială care tinde să micşoreze bula de abur. Tensiunea superficială variază cu temperatura.

Scăderea este bruscă pînă la 100°C şi apoi treptată, anulîndu-se la temperatura critică.

Bula de rază r este supusă unei suprapresiuni Δp, dependentă de tensiunea superficială s, dată de relaţia:

$$\Delta p = \frac{s^2}{r}.$$

Cu cît diametrul bulei este mai mic, cu atît suprapresiunea este mai mare, ceea ce duce la necesitatea unei supraîncălziri a apei înconjurătoare pentru a face posibilă trecerea acesteia în starea de vapori.

Aburul se formează numai în anumite locuri pe peretele ţevii, şi anume pe neuniformităţi, dacă transferul de căldură este de ajuns de mare, formîndu-se nucleele de formare a bulelor. Prin creşterea transferului de căldură, nucleele de formare a bulelor cresc numeric, iar împrejurul acestora, unde nu se produce abur, suprafaţa de încălzire transmite căldura sa apei, care prin aceasta se supraîncălzeşte. Apa supraîncălzită pătrunde în bula de abur, se evaporă, iar bula se măreşte în diametru şi apoi se desprinde, locul ei ocupîndu-l apa, şi fenomenul se repetă.

Din cercetările experimentale rezultă că procesul de formare a bulelor are loc pentru diferenţe de temperatură de 6...36°C; peste 36°C apare un film de abur, care are drept efect micşorarea transferului de căldură.

Viteza ascensională a bulelor depinde de diferenţa între greutăţile specifice ale aburului şi apei, de diametrul bulei şi de rezistenţa pe care o opune viscozitatea apei. La presiuni înalte, diferenţa între greutăţile specifice se micşorează, de asemenea diametrul mediu al bulelor de abur este mai mic, ceea ce duce la o reducere mare a vitezei ascensionale. Acest lucru are ca efect un conţinut mărit de picături de apă în abur.

Pe lîngă emulsie se mai formează în ţevi dopuri de abur, care se revarsă cu furie în cazan, provocînd neliniştiri ale apei.

Dacă procentul de abur depăşeşte 95%, în ţeavă se formează un miez de abur, pe pereţii ţevii rămînînd numai un film de apă. La presiuni de peste 100 kgf/cm^2 şi sarcini termice mari, procentul de abur necesar formării miezului se micşorează; astfel la 175 kgf/cm^2 şi o sarcină de 750.10^3 kcal/m^{2}h, acesta devine 40%.

Un fenomen deosebit se petrece în ţevile orizontale sau puţin înclinate, unde direcţia de curgere a aburului nu coincide cu axa ţevii. Aici se colectează bulele de abur în jumătatea superioară a ţevii, formînd un film de abur care se mişcă cu o viteză mărită faţă de viteza apei din partea inferioară.

Separarea aburului de apă este dezavantajoasă, deoarece nu numai că înrăutăţeşte condiţiile circulaţiei naturale, dar poate duce la fisurări ale ţevii. Alternarea abur-apă distruge stratul protector de oxid şi poate duce la spargerea peretelui ţevii prin variaţia bruscă de temperatură.

---

* *L. Negulescu* este inginer la Inspectoratul de stat pentru cazane şi instalaţii de ridicat din D.G.M.S.I.

Toate aceste condiții deosebite impun un anumit regim pentru apa de alimentare și din cazan în scopul evitării avariilor și asigurării unui abur pur.

Între calitatea aburului, a apei de alimentare și a apei din cazan există o relație cantitativă, care stabilește în funcție de indicii maxim admiși ai apei în cazan, pentru o purjă economică, indicii apei de alimentare.

Cuantumul P de purjă este dat de relația:

$$P = \frac{V}{C-1}\left(1 - \frac{S_v}{S_A}\right),$$

în care:

V este cantitatea de abur produs;
C — cifra de concentrare a apei din cazan;
S_v — salinitatea aburului;
S_A — salinitatea apei de alimentare.

Cuantumul purjei trebuie menținut cît mai mic pentru a nu se ajunge la instalații mari de tratare a apei, precum și pentru a se evita pierderea de căldură, știind că pentru 1% purjă are loc o creștere cu 0,2% a sarcinii termice a cazanului.

Cifra C, de concentrare a apei din cazan, este dată de raportul între S_C, salinitatea apei din cazan, și S_A, salinitatea apei de alimentare:

$$C = \frac{S_C}{S_A}.$$

S_C reprezintă salinitatea medie a apei din cazan, prelevată din apropierea oglindei apei. Diferențe sensibile ale salinității se întîlnesc în țevile coborîtoare, unde spre pereții acestora se creează o zonă de concentrație maximă cu o temperatură mai ridicată, consecință a mecanismului de formare a aburului și a ridicării punctului de fierbere de către sărurile prezente. În această zonă de concentrație maximă se poate admite o concentrare de 1000 ori a sărurilor față de celelalte zone ale apei din cazan. Această concentrare poate duce la depunerea sărurilor greu solubile avînd ca urmare scăderea sarcinii termice și ridicarea temperaturii peretelui țevii. La ridicarea sarcinii cazanului, concentrația sărurilor crește și o parte din sărurile puțin solubile se depun, iar în apa înconjurătoare concentrația scade. Dimpotrivă, la scăderea sarcinii cazanului, o parte din sărurile stratului-limită trec din nou în apa din mijloc, fenomen cunoscut sub numele de „hide-out''. Sărurile depuse nu se mai întorc în totalitate, ceea ce se constată printr-o dispariție a lor din apa din cazan. Fenomenul poate apărea și la presiuni mici dacă sarcina termică este destul de intensivă, cum este sarcina cazanelor cu circulație forțată, Velox și Lamont.

Cercetări mai recente au demonstrat că în apele slab alcaline, ca cele din cazan, unii componenți intră în compoziția stratului protector de oxizi. Astfel, hidroxizii alcalini (NaOH și KOH) formează spineli de forma $Na_2O \cdot Fe_2O_3$, respectiv $K_2O \cdot Fe_2O_3$, sau o parte din silicea acestui strat este preluată de apa din cazan.

În condițiile în care se produce aburul există posibilitatea ca acesta să se impurifice cu săruri. Sărurile ajung în abur pe trei căi: prin pulverizare, prin dizolvare în abur și prin volatilizare, respectiv sublimare.

Impurificarea prin pulverizare este cu atît mai intensivă cu cît este mai lentă circulația apei în cazan.

În cazul solubilizării sărurilor în abur, aceasta se face selectiv, în proporție diferită de concentrația lor în apa din cazan. Concentrația sărurilor în abur este dependentă de sarcina și presiunea cazanului, stabilindu-se între concentrația acestora în abur și apă o relație termodinamică.

Conținutul de săruri în abur este funcție și de concentrarea acestora în stratul-limită, de exemplu clorura de sodiu și hidroxidul de sodiu se găsesc în cantități mai mari în abur decît sulfatul de sodiu. S-au folosit săruri de potasiu, care reduc concentrațiile în straturile-limită de lîngă pereții țevilor, obținîndu-se un abur mai sărac în săruri, ceea ce confirmă teoria. Din stratul concentrat, bulele de abur trec în stratul de apă mai puțin concentrat din mijlocul țevii, astfel că are loc o oarecare spălare a aburului.

Deoarece conținutul de săruri al aburului este dependent de presiune, el trebuie să depindă și de diametrul momentan al bulelor de abur, care determină suprapresiunea în bule prin tensiunea superficială. Prin unirea bulelor mici iau naștere bule mari, la care suprapresiunea se reduce, reducîndu-se și posibilitatea dizolvării de către abur a sărurilor din apă. Astfel se explică puritatea mai accentuată a aburului la cazanele cu țevi neîncălzite, lungi, care leagă colectoarele țevilor coborîtoare cu tamburul. În acestea are loc formarea bulelor mari și deci o trecere parțială a sărurilor de la abur la apă.

O comportare deosebită o prezintă silicea care se volatilizează o dată cu aburul, dizolvîndu-se în acesta. Silicea se găsește în apa din cazan sub mai multe modificații, cu tendința de polimerizare și de formare de coloizi.

În apa din cazan silicea se găsește într-un echilibru hidrolitic cu sărurile sale alcaline, ceea ce face ca conținutul de silice al aburului să fie dependent nu numai de presiune, ci și de pH-ul apei din cazan. S-a stabilit, pe baza unor date experimentale, un coeficient de repartiție în funcție de presiune și pH.

Astfel, la 200 at, coeficientul de repartiție este de 10 ori mai mare decît cel de la 100 at la același pH.

Dintre gazele dizolvate în apă, importante pentru funcționarea cazanelor sînt oxigenul și bioxidul de carbon.

În apele de alimentare degazate după procedeul clasic, degazare termică, mai rămîne un conținut de 10 μg oxigen la litru, ceea ce constituie pentru cazanele cu presiuni peste 100 kgf/cm^2 un pericol, deoarece produce coroziuni importante.

Bioxidul de carbon își datorează existența descompunerii hidrolitice termice a bicarbonaților și carbonaților. Acțiunea corosivă a bioxidului de carbon se face simțită în circuitul condensatului, coborînd pH-ul acestuia uneori sub 5.

Aburul conține cantități mici constante de 1–2 μg/l de hidrogen provenit din descompunerea termică a apei:

$$3\,Fe + 4\,H_2O = Fe_3O_4 + 4\,H_2.$$

Acest conținut poate crește dacă, din diferite cauze, stratul protector de magnetită este distrus, fie din motive mecanice prin ruperea peliculei, fie din cauze chimice în prezența oxigenului:

$$2\,Fe_3O_4 + 1/2\,O_2 \neq 3\,Fe_2O_3.$$

În condițiile acestea, regimul apei devine foarte pretențios și tehnica tratării apei a evoluat în sensul satisfacerii acestor pretenții.

S-a căutat, în primul rînd, să se rezolve problema impurificării aburului prin evitarea antrenării sărurilor. În acest sens trebuie remarcată realizarea sovietică a evaporării în trepte, care a reușit să constituie o perioadă de tranziție salvatoare pentru trecerea la parametri înalți.

Situația devenea însă critică pentru cazane de debite mari și foarte mari, unde cuantumul purjei era cu totul neeconomic. O agravare a situației apare în cazul cazanelor folosite în centralele de termoficare, unde adaosul de apă este mare, în special în cazul aburului furnizat industriei petroliere și chimice cu mari posibilități de murdărire a condensatului.

Să luăm ca exemplu un cazan de 140 kgf/cm^2 și 420 t/h. Purja este determinată de conținutul de silice al apei de alimentare.

Apa de alimentare constituită din 70% condensat, cu un conținut practic nul de silice și 30% apă de adaos, tratată chimic, cu un conținut de maximum 1 mg SiO_2/l, conține 0,3 mg SiO_2/l.

Pentru această presiune, coeficientul de repartiție a silicei în abur este 0,03, iar conținutul maxim admis de silice în abur fiind 20 μg/kg, rezultă pentru apa din cazan un conținut maxim de silice de 0,7 mg/l. Acest conținut maxim în apa din cazan nu poate fi menținut decît pe seama unei purje de peste 70%, ceea ce practic nu este posibil.

A fost necesară rezolvarea tehnică de obținere a unei ape practic lipsite de săruri și în primul rînd de silice. Această cantitate de apă cu conținut maxim de săruri de circa 1 mg/l și de silice de maximum 20 μg/l, adică cu caracteristicile fizico-chimice ale aburului condensat, se obține numai folosind cele mai moderne metode de tratare cu mase schimbătoare de ioni, în instalații de demineralizare totală.

În acest mod se schimbă complet principiul de funcționare a cazanului din punctul de vedere al regimului chimic al apei, în sensul că în tambur nu se mai produce o concentrare a sărurilor în apa din cazan, al căror exces trebuie eliminat prin purjele continue, adică sistemul de cazan-filtru. Sistemul nou este acela al cazanului tranzit, la care cantitatea de săruri solubile intrată în cazan este egală cu cea antrenată de abur, adică se face un tranzit de săruri, purja continuă fiind suprimată și practicîndu-se numai purje intermitente pentru eliminarea sărurilor insolubile, precipitate ca nămol.

În acest fel se ajunge la un abur pur, care satisface condițiile de funcționare a turboagregatelor, și se realizează un minim de pierderi de apă și căldură.

În ceea ce privește protecția interioară anticorosivă a suprafețelor cazanului, s-a trecut la regimul neutru.

Deoarece la cazanele cu parametri înalți nu este posibilă combaterea acțiunii agresive a oxigenului și bioxidului de carbon cu mijloace alcaline fixe, acestea ducînd la spumegări, s-a trecut la mijloace chimice de fixare a restului de oxigen de la degazarea termică.

Cea mai folosită în acest sens este hidrazina, agent reducător alcalin, volatil. Adaosul de hidrazină este echimolecular față de oxigenul rezidual, mărind pH-ul apei de alimentare la peste 7.

Stabilizarea bioxidului de carbon se face prin injecție de amoniac, care îl leagă sub formă de carbonat de amoniu. Carbonatul de amoniu se descompune termic în cazan în amoniac și bioxid de carbon, care sînt purtate de abur, iar la faza de condensație se reface carbonatul de amoniu imprimînd condensatului un pH de peste 9.

În același scop se pot folosi unele amine, ca, de exemplu, morfolina.

Pe aceste considerente, Inspectoratul de stat pentru cazane și instalații de ridicat a avizat pentru experimentare indicii regimului chimic al apei la cazanele cu parametri foarte înalți, care după această fază vor face obiectul unui act normativ.

Ponderea pe care o are regimul corespunzător al apei pentru funcționarea sigură a cazanelor cu parametri înalți și foarte înalți îndreptățește să se acorde toată atenția menținerii acestuia, în vederea asigurării obiectivelor din plan.

Probleme legate de proiectarea instalaţiilor de demineralizare a apei pentru centralele electrice

*CONSTANTIN FODOR** — Bucureşti

Pentru proiectarea instalaţiilor de demineralizare este necesar să se determine, pornind de la compoziţia apei brute, cea mai economică combinaţie a maselor ionice, adică însăşi schema tehnologică, care să răspundă calităţii cerute de apă tratată.

În tehnica tratării apei se utilizează cationiţi ,,puternic acizi'', capabili să schimbe ionul lor activ de hidrogen cu toţi cationii conţinuţi în apă, şi cationiţi ,,slab acizi'', care reţin numai cationii sărurilor acizilor slab disociaţi (în special acidul carbonic şi silicic). În mod analog sînt folosiţi anioniţi ,,puternic bazici'', al căror ion activ de hidroxil poate schimba toţi anionii din apă (inclusiv acidul silicic şi carbonic), şi anioniţi ,,slab bazici'', care reţin numai anionii acizilor puternic disociaţi.

Deoarece, în mod practic, orice apă conţine săruri neutre şi silice, apare necesitatea utilizării în toate cazurile a unui cationit puternic acid şi a unui anionit puternic bazic.

Includerea în schemă numai a acestor schimbători este însă, în general, neeconomică, prin consumul mare de reactivi pe care-l necesită la regenerare. În funcţie de compoziţia apei brute se utilizează combinaţii de schimbători care permit îmbunătăţirea randamentului regenerării, îmbunătăţind calitatea apei obţinute din instalaţie.

Ne vom referi la cazurile uzuale, grupîndu-le după funcţia lor în cadrul schemei de demineralizare, şi anume :

— Pentru grupa filtrelor cationice (*K*):

KI — o treaptă cationică puternic acidă;
KII — două trepte cationice puternic acide înseriate;
KIII — o treaptă cationică slab acidă şi una puternic acidă.

— Pentru grupa filtrelor anionice (*A*):

AI — o treaptă anionică puternic bazică;
AII — o treaptă anionică slab bazică şi una puternic bazică.

Întrucît instalaţia poate fi prevăzută sau nu cu decarbonizatori de CO_2, se obţin 12 scheme diferite combinînd grupele cationice cu cele anionice.

Adoptarea uneia dintre soluţii este legată de determinarea rentabilităţii ei în raport cu celelalte, în condiţii tehnice cel puţin echivalente.

*

Cheltuielile de exploatare ale unei instalaţii de demineralizare, determinate în primul rînd de costul regenerării, sînt variabile în raport cu schema aleasă şi se stabilesc pe baza consumurilor specifice ale fiecărei grupe de filtre în parte.

Regenerarea unui schimbător cationic puternic acid se face cu un exces de 150% pînă la 350%, depinzînd în mare măsură de compoziţia influentului şi de calitatea cerută efluentului. Un consum de 250% este considerat în practică acceptabil, atît din punct de vedere al capacităţii utile mobilizate cît şi din cel al scăpărilor ionice obţinute. Anioniţii puternic bazici au un randament mult mai scăzut la regenerare, necesitînd excese de ordinul a 300% pînă la 1 000%, în raport cu bazicitatea schimbătorului adoptat şi calitatea influentului. Un consum de 650% este uzual, asigurînd obţinerea unui efluent cu o valoare a silicei reziduale în limite de 0,04—0,06 mg/l.

O verificare a acestor consumuri trebuie făcută pentru fiecare caz în parte, raportînd necesarul de reactiv pe litrul de schimbător la capacitatea sa utilă — valori ce se găsesc în diagramele de funcţionare ale schimbătorilor adoptaţi — sau, preferabil, prin experimentări de laborator.

Pentru cazul a doi cationiţi puternic acizi în serie, consumul specific mediu se reduce la 120% pînă la 150%. Consumul de 135% reprezintă o valoare practică pentru care se obţin capacităţi şi scăpări ionice comparabile cu ale unui singur cationit puternic acid, la regenerarea acestuia din urmă cu un exces de 250%.

În figura 1 sînt redate încercările experimentale efectuate asupra răşinii schimbătoare de cationi ,,Lewatit S—100'', încercări care ilustrează micşorarea consumului de reactivi în cazul cuplajului a două filtre cationice puternic acide (curba *d*), faţă de cazul unui singur filtru cationic puternic acid (curba *a*).

În figurile 2 şi 3 este redat schematic procesul epuizării cationitului puternic acid în cazul unui filtru unic şi a două filtre în serie. În figura 2, Q_B reprezintă capacitatea utilă în filtru unic;

---

* *C. Fodor* este inginer principal la I.S.P.E.

iar spațiul Q_z — capacitatea restantă existentă în schimbător, nefolosită însă, datorită scăpărilor ionice (între momentul apariției scăpărilor ionice pînă la punctul de epuizare totală).

În figura 3 este indicată epuizarea capacității la împărțirea aceleiași cantități de schimbător în două filtre. În primul filtru, o parte importantă a capacității restante Q_z a devenit utilă, întrucît filtrul al doilea preia scăpările primei trepte (vezi curbele y și y').

Creșterea capacității utile este determinată și de excesul dublu de acid pentru filtrul postconectat, care permite o mobilizare mai pronunțată a capacității acestui filtru.

În cazul schemelor: cationit slab acid, puternic acid și respectiv anionit slab bazic, puternic bazic, consumurile de reactivi se stabilesc funcție de randamentele regenerării treptelor *1* și *2*.

Introducem următoarele notații:

a — cantitatea stoechiometrică de reactiv consumată pentru ionii reținuți în treapta *2*, g/m³;
x — raportul dintre consumul real și cel teoretic la regenerarea treptei *2*;
b — cantitatea reală (cu exces) de reactiv, adică $x \cdot a$, g/m³;
c — restul de reactiv după regenerarea treptei *2* ($c = b - a$), g/m³;

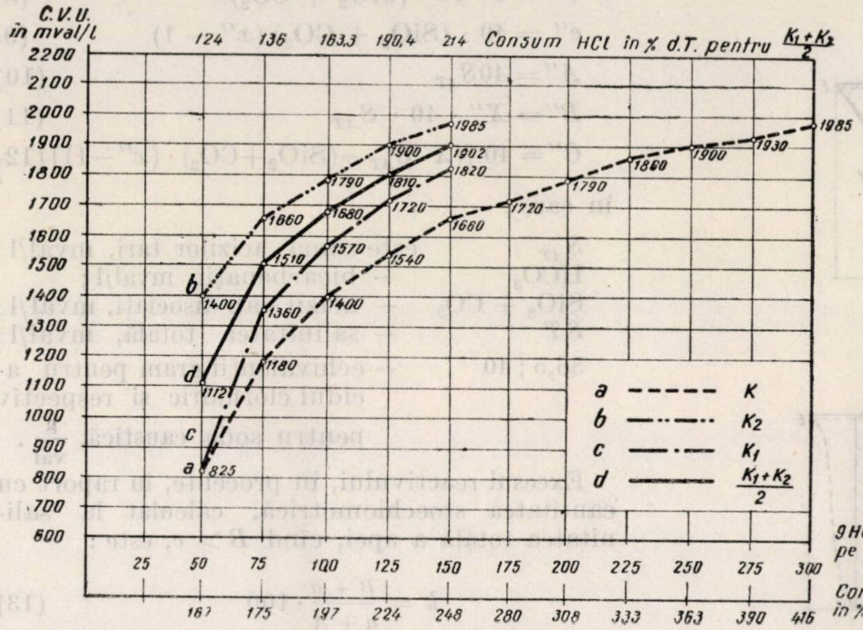
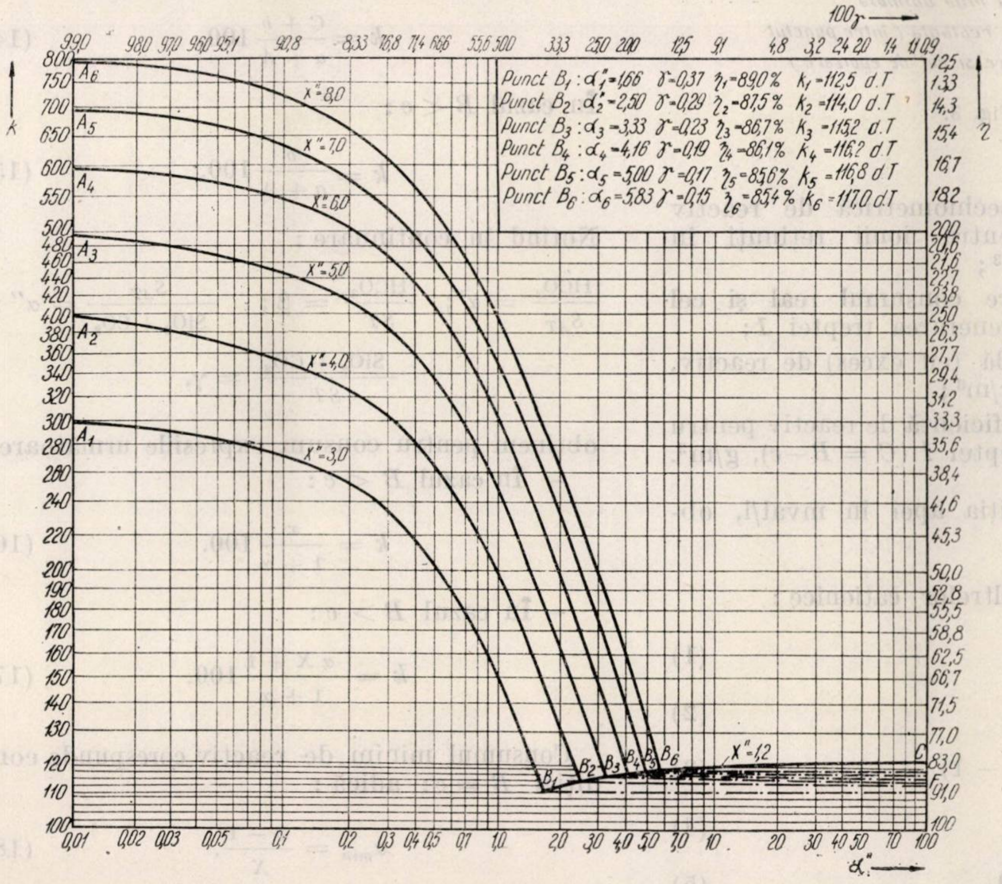


Fig. 1.

CONSUM Filtre anionice : slab + puternic bazice



Pentru curbele „A–B" (caz $B<C$): $K = \frac{x''}{1+\alpha''} \times 100$

Pentru curbele „B–C" (caz $B>C$): $K = \frac{1{,}2\,\alpha''+1}{1+\alpha''} \times 100$

Fig. 2.

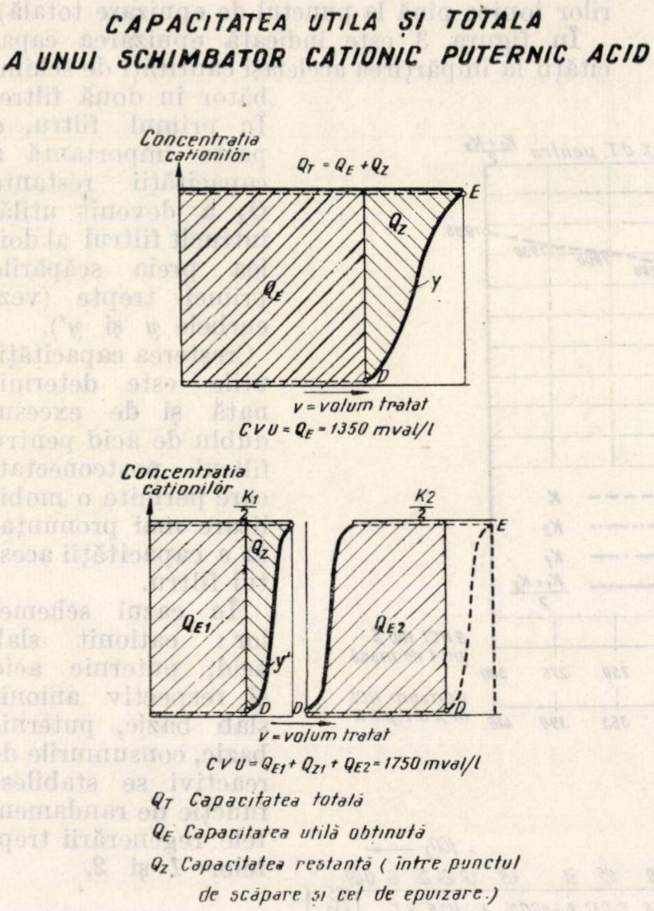


Fig. 3.

A — cantitatea stoechiometrică de reactiv consumată pentru ionii reţinuţi în treapta *1*, g/m³;

X — raportul dintre consumul real şi cel teoretic la regenerarea treptei *1*;

B — cantitatea reală (cu exces) de reactiv, adică $X \cdot A$, g/m³;

C — cantitatea insuficientă de reactiv pentru regenerarea treptei *1* ($C = B - c$), g/m³.

Exprimînd compoziţia apei în mval/l, obţinem:

— Pentru grupa filtrelor cationice:

$$a' = 36{,}5 \cdot S_{AT} \tag{1}$$

$$b' = x' \, 36{,}5 \cdot S_{AT} \tag{2}$$

$$c' = 36{,}5 \cdot S_{AT} \, (x' - 1) \tag{3}$$

$$A' = 36{,}5 \cdot HCO_3 \tag{4}$$

$$B' = X' \, 36{,}5 \cdot HCO_3 \tag{5}$$

$$C' = 36{,}5 \, [X \, . \, HCO_3 - S_{AT} \cdot (x' - 1)] \tag{6}$$

— Pentru grupa filtrelor anionice:

$$a'' = 40 \, (SiO_2 + CO_2) \tag{7}$$

$$b'' = x'' \, 40 \cdot (SiO_2 + CO_2) \tag{8}$$

$$c'' = 40 \cdot (SiO_2 + CO_2)(x'' - 1) \tag{9}$$

$$A'' = 40 S_{AT} \tag{10}$$

$$B'' = X'' \cdot 40 \cdot S_{AT} \tag{11}$$

$$C'' = 40 \, [(X'' S_{AT} - (SiO_2 + CO_2) \cdot (x'' - 1)] \tag{12}$$

în care:

S_{AT}	este suma acizilor tari, mval/l;
HCO_3	— bicarbonaţii, mval/l;
$SiO_2 + CO_2$	— acizii slab disociaţi, mval/l;
ST	— salinitatea totală, mval/l;
36,5 ; 40	— echivalenţii-gram pentru acidul clorhidric şi respectiv pentru soda caustică, $\frac{g}{val}$.

Excesul reactivului, în procente, în raport cu cantitatea stoechiometrică, calculat la salinitatea totală a apei, cînd $B > c$, este:

$$k = \frac{B + a}{a + A} \cdot 100 \tag{13}$$

sau, luînd în considerare valorile $C = B - c$ şi $c = b - a$, obţinem pentru cazul $B > c$:

$$k = \frac{C + b}{a + A} 100. \tag{14}$$

În cazul $B < c$:

$$k = \frac{b}{a + A} 100. \tag{15}$$

Notînd în continuare:

$$\frac{HCO_3}{S_{AT}} = \alpha' ; \quad \frac{HCO_3}{ST} = \beta ; \quad \frac{S_{AT}}{SiO_2 + CO_2} = \alpha'' ;$$

$$\frac{SiO_2 + CO_2}{ST} = \gamma,$$

obţinem pentru consum expresiile următoare:

— În cazul $B < c$:

$$k = \frac{x}{1 + \alpha} 100. \tag{16}$$

— În cazul $B > c$:

$$k = \frac{\alpha X + 1}{1 + \alpha} 100. \tag{17}$$

Consumul minim de reactiv corespunde condiţiei $B = c$; adică:

$$\alpha_{min} = \frac{x - 1}{X}. \tag{18}$$

În cazul în care compoziţia apei (α) şi excesele de reactivi pe trepte (x şi X) sînt în raportul determinat de ecuația (18), consumul pe ambele trepte (k) este minim și are valoarea:

$$k_{min} = \frac{xX}{x + X - 1} 100. \qquad (19)$$

Întrucît consumul specific la regenerarea unui schimbător cationic slab acid, monofuncțional, de tip carboxilic, variază între 110 și 130% (depinzînd de calitatea apei brute), s-a adoptat pentru X' valoarea medie 1,2.

Pentru schimbătorii anionici slab bazici, consumul de sodă este cuprins între 110 și 150%, în funcție de calitatea influentului și de încărcarea hidraulică specifică. Prin adoptarea unei încărcări specifice și a unui nivel al regenerării corespunzător, se obține pentru consum o valoare medie de 120% ($X'' = 1,2$).

Figura 5 este similară cu precedenta, referindu-se la grupa: filtru anionic slab bazic — puternic bazic. Adoptarea unor valori cuprinse între 3,0 și 8,0 pentru x'' a condus la obținerea curbelor ABC, care reprezintă consumul specific global pe grupa anionică.

Diagramele relevă un consum variabil de reactiv, depinzînd de calitatea influentului. Existența consumului minim, corespunzător relației (19), se explică prin echilibrarea perfectă dintre treptele *1* și *2* ale grupei de filtre ionice incluse în schemă.

Rezultă, de asemenea, că într-o instalație de demineralizare consumul de reactivi nu este influențat de capacitatea schimbătorilor de ioni utilizați, ci numai de randamentul regenerării lor.

Remarcăm că pentru curbele DE și respectiv BC consumul global nu este influențat de randamentul regenerării treptei *2*, ci numai de cel privitor la treapta *1*, ceea ce se explică prin aceea că necesarul de reactiv al treptei *1* depășește excesul de la regenerarea treptei *2*. În această porțiune a curbelor se poate mări cantitatea de reactiv la regenerarea treptei *2* (x) fără a modifica consumul global, ceea ce prezintă avantajul obținerii unei capacități

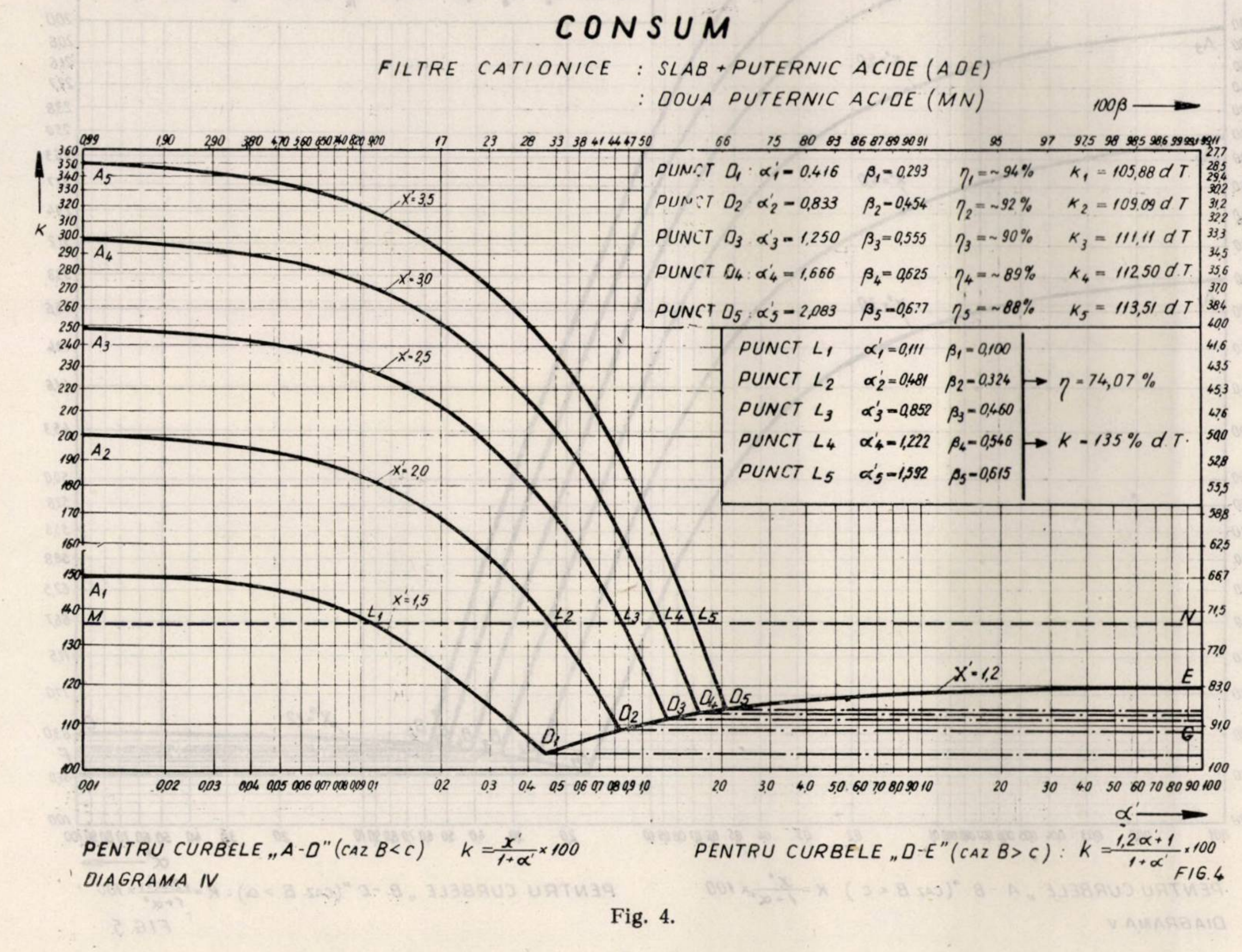


Fig. 4.

În figura 4 s-au trasat curbele de consum pentru cazul a două filtre cationice puternic acide înseriate (dreapta MN), pentru care consumul specific mediu este de 135%, și curbele de consum pentru un filtru cationic slab acid în serie cu un filtru puternic acid. Pentru ultimul cuplaj a rezultat o familie de curbe pentru diverse consumuri specifice ale treptei puternic acide ($x' = 1,5 \ldots 3,5$).

sporite pentru schimbătorul din treapta *2*, scăpările ionice fiind mult reduse *.

În cazul în care excesul treptei *2* întrece necesarul pentru regenerarea primului filtru (curbele *AD* și respectiv *AB*), scăderea consumului pe ansamblu se poate obține prin micșorarea excesului la treapta *2* (valoarea *x*) ceea ce conduce, mai ales pentru conținuturi mari de sodiu în apă, la scăpări ionice supărătoare și la utilizarea filtrului din treapta postconectată sub capacitatea sa normală de lucru.

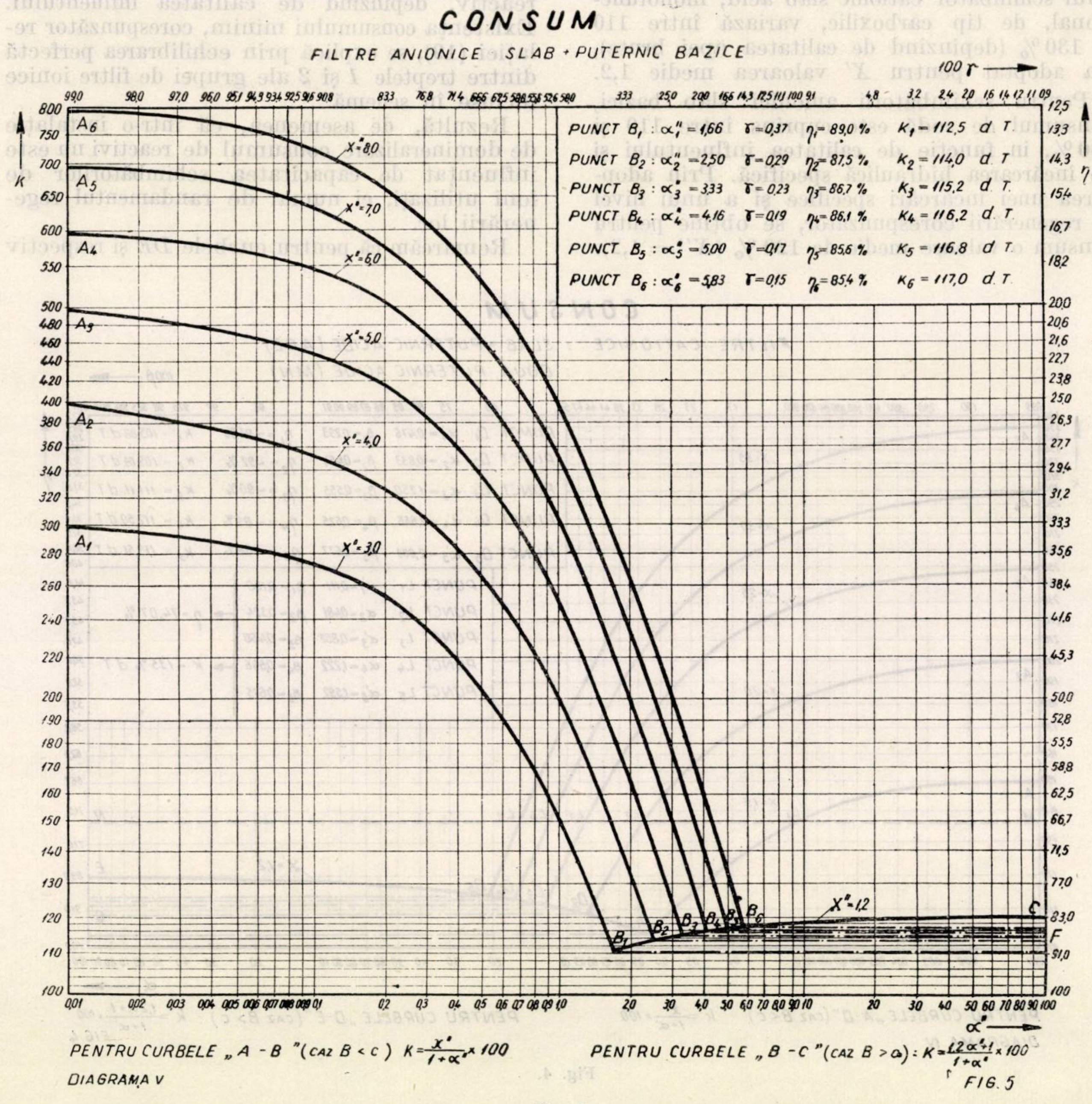


Fig. 5.

Calculul consumului de reactivi în g/m³ apă se face cu relația:

— pentru filtrele cationice:

$$N = ST\frac{k}{100}36{,}5\,; \qquad (20)$$

— pentru filtrele anionice:

$$N = ST\frac{k}{100}40, \qquad (21)$$

coeficienții *k* citindu-se în diagramele de consum ale cuplajului corespunzător.

---

* Acest lucru permite, în unele situații, renunțarea la treptele de finisare ale instalației de demineralizare.

Stabilirea raportului dintre cantitățile de schimbători care trebuie introduse în filtrele din treapta *1* și din treapta *2* se face cu relația :

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{CVU_2}{CVU_1}, \qquad (22)$$

în care CVU_1 și CVU_2 reprezintă capacitățile volumetrice utile ale schimbătorilor din treapta *1*, respectiv din treapta *2*.

Există posibilitatea micșorării consumului specific pentru cazurile în care α depășește valoareg α_{min}, prin încărcarea filtrelor cu schimbători într-un alt raport decît cel cerut de compoziția apei, și anume :

$$\frac{M_1}{M_2} = \alpha_{min} \frac{CVU_2}{CVU_1}. \qquad (23)$$

Acest lucru revine la subdimensionarea primei trepte, scăpările ionice mărite ale acesteia fiind preluate de treapta postconectată, ceea ce este întotdeauna posibil.

Sub aspect constructiv, încărcarea filtrelor în raportul fixat de relația (23) este avantajoasă, întrucît duce întotdeauna la instalarea unor utilaje apropiate ca dimensiuni și la obținerea unor cicluri egale pe ambele trepte. În acest caz, consumul este minim și corespunde celui calculat cu formula (19). În diagramele *IV* și *V* această situație a fost redată prin dreptele *DG* și *BF*.

Consumul de reactivi este notat în tabela 1 pentru fiecare schemă în parte *.

În figurile 6 și 7 au fost trasate diagramele de capacitate, consum specific și cost al regenerării pentru combinațiile studiate, ținîndu-se

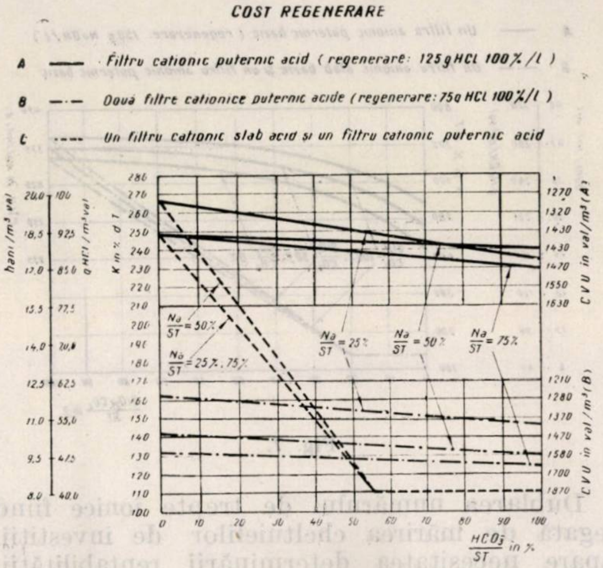


Fig. 6.

seamă de factorii care influențează randamentul, și anume :

raporturile : $\frac{Na}{ST}$; $\frac{HCO_3}{ST}$ pentru grupa cationică

și $\frac{SiO_2 + CO_2}{ST}$; $\frac{SiO_2}{CO_2}$ pentru grupa anionică.

Tabela 1

Schema		*KI*	*KII*	*KIII*	*AI*	*AII*	*AId*	*AIId*
Salinitatea pe grupă *ST*. mval/l		6,16	6,16	6,16	4,06	4,06	2,06	2,06
Valoarea α		—	—	2,50	—	0,75	—	5,85
Raportul de schimbători $\frac{M_1}{M_2}$ după formula (22)	Consum specific pe grupă *k*, mval/l	250	135	114	600	324	600	117
	Consum de reactivi *N*, g/m³ apă	560	304	257	975	560	495	97
Raportul de schimbători $\frac{M_1}{M_2}$ după formula (23)	Consum specific pe grupă *k*, mval/l	250	135	111,11	600	324	600	116,2
	Consum de reactivi *N*, g/m³ apă	560	304	248	975	560	495	95

Comentăm, cu ajutorul unui exemplu, aplicarea diagramelor de consum :

Fie o apă brută cu compoziția :

$HCO_3^- = 97$ mg/l · $SO_4^= + Cl^- = 1{,}76$ mval/l ;

$SiO_2 = 6$ mg/l ; Na = 25% din totalul cationilor.

---

* Notațiile sînt cele folosite anterior. Indicele *d* se referă la schemele prevăzute cu decarbonizator de CO_2. La stabilirea salinității totale cationice, silicea nu a fost luată în calcul.

S-a considerat după decarbonizator o valoare a CO_2 rezidual egală cu 8,8 mg/l.

Pentru filtrul anionic puternic bazic, acizii silicic și carbonic au fost considerați monovalenți.

Sub aspectul costului regenerării, aceste diagrame ilustrează avantajul includerii în schema tehnologică, indiferent de calitatea apei brute, a două trepte inseriate.

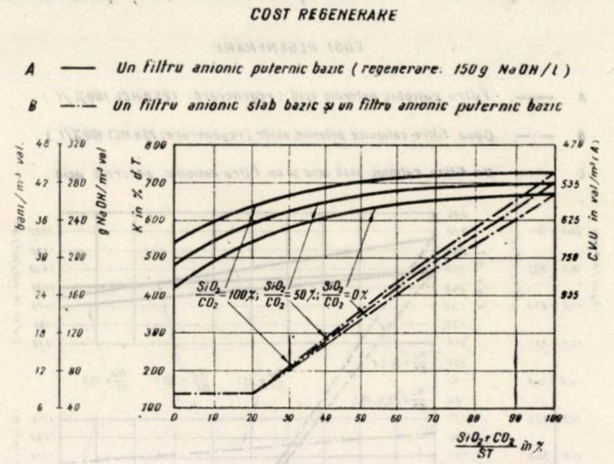


Fig. 7.

Dublarea numărului de trepte ionice fiind legată de mărirea cheltuielilor de investiţii, apare necesitatea determinării rentabilităţii.

Rentabilitatea se stabileşte cu formula uzuală:

$$Z = 0{,}1\ I + \text{ch. an.}$$

În grupa cheltuielilor anuale (ch. an) se vor include:

a — amortizarea investiţiei (timpul de amortizare: 17,5 ani);

b — salariile personalului de exploatare;

c — costul energiei electrice;

d — cheltuieli cu înlocuirea pierderilor de mase (3—5% anual);

e — costul reactivilor de regenerare.

La stabilirea investiţiilor s-au avut în vedere costurile instalaţiilor mecanice, electrice, automatizarea şi controlul, precum şi partea de construcţii aferentă sălii filtrelor şi rezervoarelor cu protecţiile anticorosive corespunzătoare.

Calculul rentabilităţii s-a întocmit pentru două instalaţii cu debite, respectiv, de 50 t/h şi 100 t/h*.

În figurile 8, 9 şi 10 sînt redate diagramele care stabilesc valoarea *Z* pentru grupa filtrelor cationice în cazul instalaţiei de 50 t/h. Figurile 11, 12 şi 13 cuprind cifra *Z* pentru grupa filtrelor anionice ale aceleiaşi instalaţii.

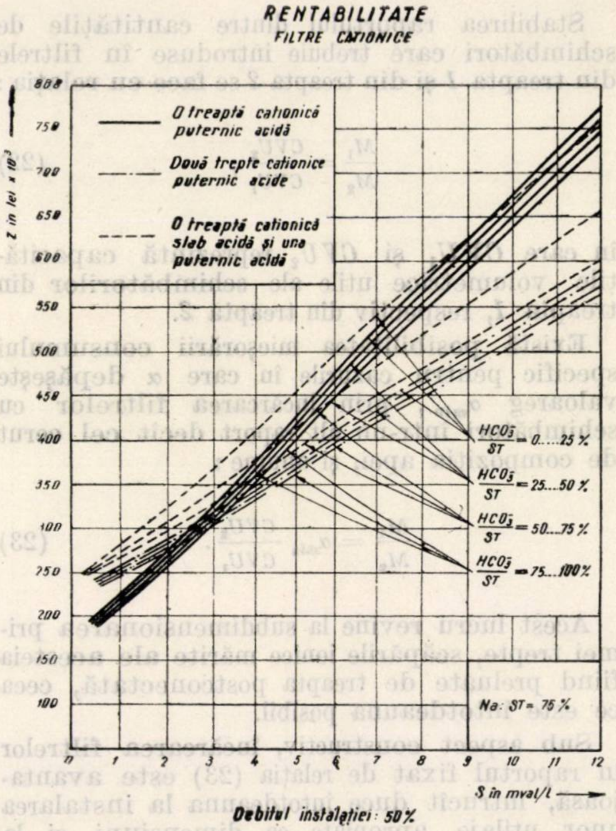


Fig. 8.

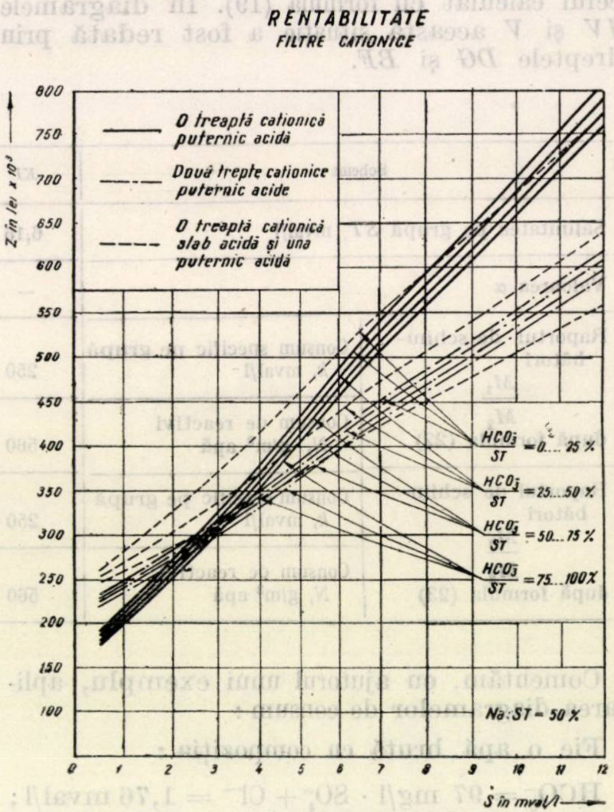


Fig. 9.

---

* Instalaţiile s-au considerat cu trei linii, dimensionate fiecare pentru 50% din debitul nominal, asigurîndu-se astfel o linie în regenerare-rezervă. Ciclul de lucru al unui filtru s-a adoptat de 16 ore, presupunîndu-se durata de utilizare a instalaţiilor la debitul nominal de 5 000 ore anual. Pentru automatizare s-a presupus un nivel mediu care să asigure controlul funcţionării instalaţiei din punct de vedere chimic şi hidraulic.

Curbele au fost trasate pentru salinități ale apei brute între 1 și 12 mval/l (valoarea S din abscisă) pentru toate schemele, ținîndu-se seamă de compoziția chimică variabilă a apei.

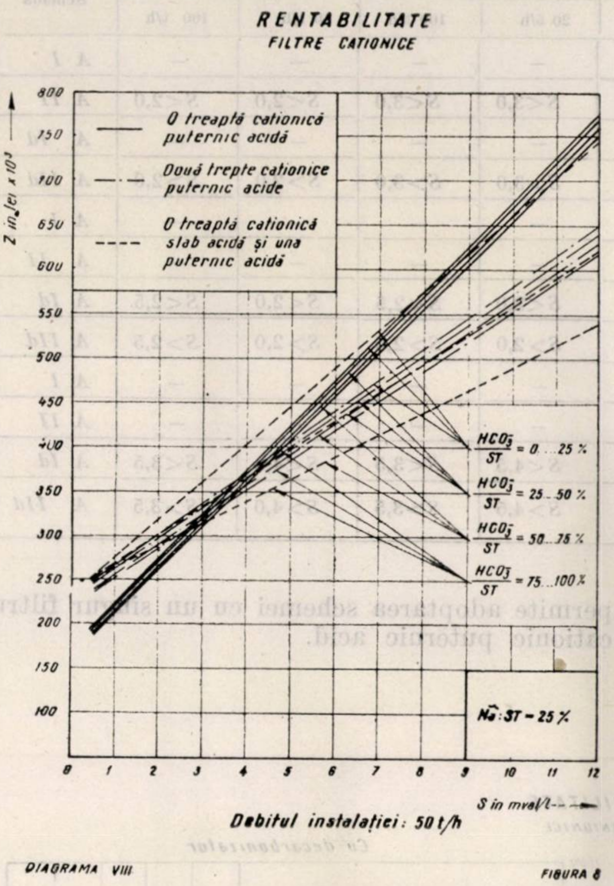


Fig. 10.

Au fost luați în considerare aceiași factori de calitate a apei ca și în cazul diagramelor de cost.

Concluziile practice care rezultă din examinarea diagramelor de rentabilitate au fost notate în tabela 2 pentru grupa filtrelor cationice și în tabela 3 pentru grupa filtrelor anionice. Tabelele menționate sintetizează rezultatele pentru instalația de 50 t/h, cît și pentru cea de 100 t/h*.

În baza celor de mai sus, pentru proiectarea economică a instalațiilor de demineralizare se vor avea în vedere următoarele principii :

— Pentru grupa filtrelor cationice :

1. Adoptarea unui singur filtru cationic puternic acid pentru ape cu salinități mici (aprox. 3 mval/l), indiferent de compoziția chimică a apei brute.

2. Adoptarea unui cationit slab acid și a unui cationit puternic acid pentru apele cu mulți bicarbonați (aprox. 50 %), și procent scăzut de sodiu.

3. Adoptarea a două filtre cationice puternic acide în serie în cazul apelor cu procent ridicat de sodiu (peste 50 %).

— Pentru grupa filtrelor anionice :

1. Includerea unui decarbonizator în instalație este rentabilă pentru ape cu bicarbonați peste 25 % din salinitatea totală.

2. Adoptarea unui filtru slab bazic și a unui filtru puternic bazic este rentabilă pentru orice apă care conține cloruri și sulfați peste 1—1,5 mval/l.

3. Pe măsură ce instalațiile sînt mai importante ca debit și sînt utilizate mai intens, dublarea treptelor ionice este rentabilă, chiar și pentru ape cu salinități reduse.

*

Subliniem concordanța dintre concluziile calculului economic și considerentele tehnice care stau, în general, la baza stabilirii soluției instalației de tratare.

Tabela 2

$\frac{HCO_3}{ST}$ \ $\frac{Na}{ST}$	0–25%		25–50%		50–75%		75–100%		Schema
	50 t/h	100 t/h	50 t/h	100 t/h	50 t/h	100 t/h	50 t/h	100 t/h	
25 %	$S<4$	$S<3$	$S<4$	$S<3$	$S<3$	$S<2{,}5$	$S<3$	$S<2{,}5$	*K I*
	$S>4$	$S>3$	—	—	—	—	—	—	*K II*
	—	—	$S>4$	$S>3$	$S>3$	$S>2{,}5$	$S>3$	$S>2{,}5$	*K III*
50 %	$S<3$	$S<2{,}5$	$S<3$	$S<2{,}5$	$S<3$	$S<2{,}5$	$S<3$	$S<2{,}5$	*K I*
	$S>3$	$S>2{,}5$	$S>3$	$S>2{,}5$	$S=3..5$	$S=2{,}5..4$	$S=3..5$	$S=2{,}5..4$	*K II*
	—	—	—	—	$S>5$	$S>4$	$S>5$	$S>4$	*K III*
75 %	$S<2{,}5$	$S<2$	$S<2{,}5$	$S<2$	$S<3$	$S<2{,}5$	$S<3$	$S<2{,}5$	*K I*
	$S>2{,}5$	$S>2$	$S>2{,}5$	$S>2$	$S>3$	$S>2{,}5$	$S>3$	$S>2{,}5$	*K II*
	—	—	—	—	—	—	—	—	*K III*

---

* Notațiile sînt cele folosite anterior (tabela 1). S reprezintă salinitatea influentului în mval/l.

Tabela 3

SiO_2 / $\frac{HCO_3}{ST}$	6 mg/l		12 mg/l		18 mg/l		24 mg/l		Schema
	50 t/h	100 t/h	50 t/h	100 t/h	20 5/h	100 t/h	50 t/h	100 t/h	
25%	—	—	—	—	—	—	—	—	*A I*
	$S<4$	$S<4$	$S<3{,}5$	$S<3{,}5$	$S<3{,}0$	$S<3{,}0$	$S<2{,}0$	$S<2{,}0$	*A II*
	—	—	—	—	—	—	—	—	*A Id*
	$S>4$	$S>4$	$S>3{,}5$	$S>3{,}5$	$S>3{,}0$	$S>3{,}0$	$S>2{,}0$	$S>2{,}0$	*A IId*
50%	—	—	—	—	—	—	—	—	*A I*
	—	—	—	—	—	—	—	—	*A II*
	$S<2{,}5$	$S<2{,}5$	$S<2{,}0$	$S<2{,}5$	$S<2{,}0$	$S<2{,}5$	$S<2{,}0$	$S<2{,}5$	*A Id*
	$S>2{,}5$	$S>2{,}5$	$S>2{,}0$	$S>2{,}5$	$S>2{,}0$	$S>2{,}5$	$S>2{,}0$	$S>2{,}5$	*A IId*
75%	—	—	—	—	—	—	—	—	*A I*
	—	—	—	—	—	—	—	—	*A II*
	$S<5{,}5$	$S<4{,}0$	$S<5{,}0$	$S<3{,}5$	$S<4{,}5$	$S<3{,}5$	$S<4{,}0$	$S<3{,}5$	*A Id*
	$S>5{,}5$	$S>4{,}0$	$S>5{,}0$	$S>3{,}5$	$S>4{,}5$	$S>3{,}5$	$S>4{,}0$	$S>3{,}5$	*A IId*

a) Pentru ape puţin saline, scăpările treptei cationice (în valoare absolută) au o importanţă redusă pentru calitatea apei tratate, ceea ce permite adoptarea schemei cu un singur filtru cationic puternic acid.

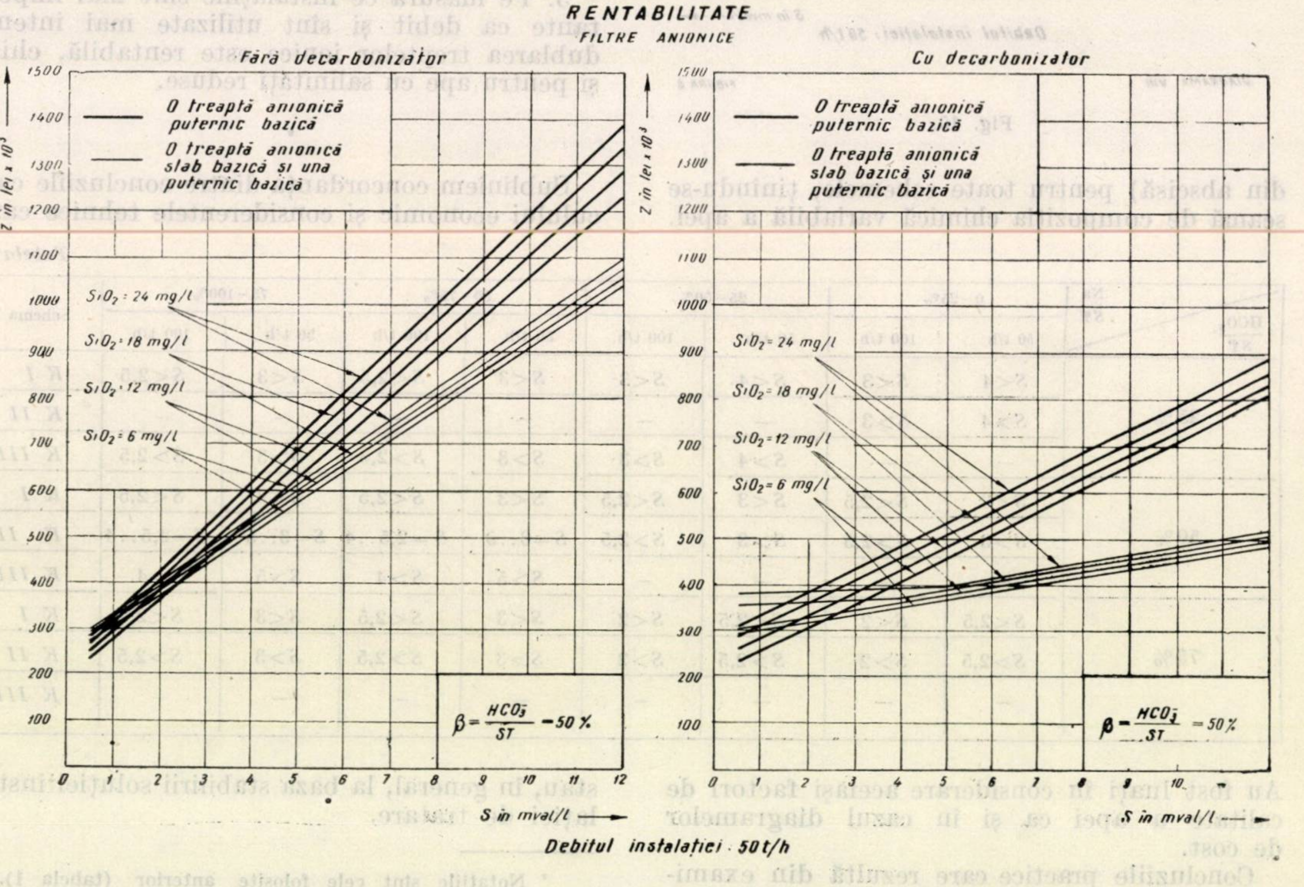


Fig. 11.

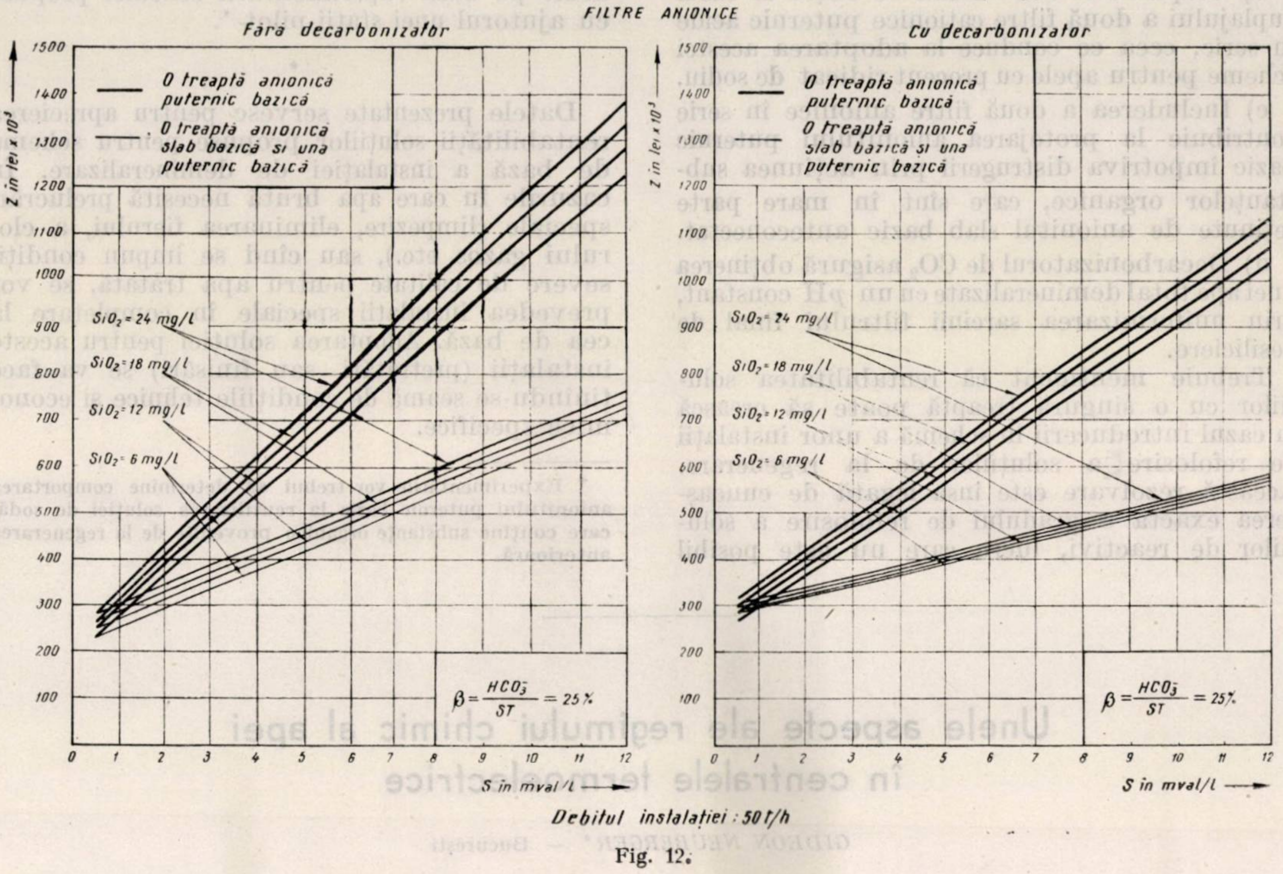

RENTABILITATE
FILTRE ANIONICE
Fără decarbonizator
Cu decarbonizator
O treaptă anionică puternic bazică
O treaptă anionică slab bazică și una puternic bazică
Z în lei·10³
Z în lei×10³
SiO₂ = 24 mg/l
SiO₂ = 18 mg/l
SiO₂ = 12 mg/l
SiO₂ = 6 mg/l
β = HCO₃⁻/ST = 25%
S în mval/l
Debitul instalației : 50 t/h
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500

Fig. 12.

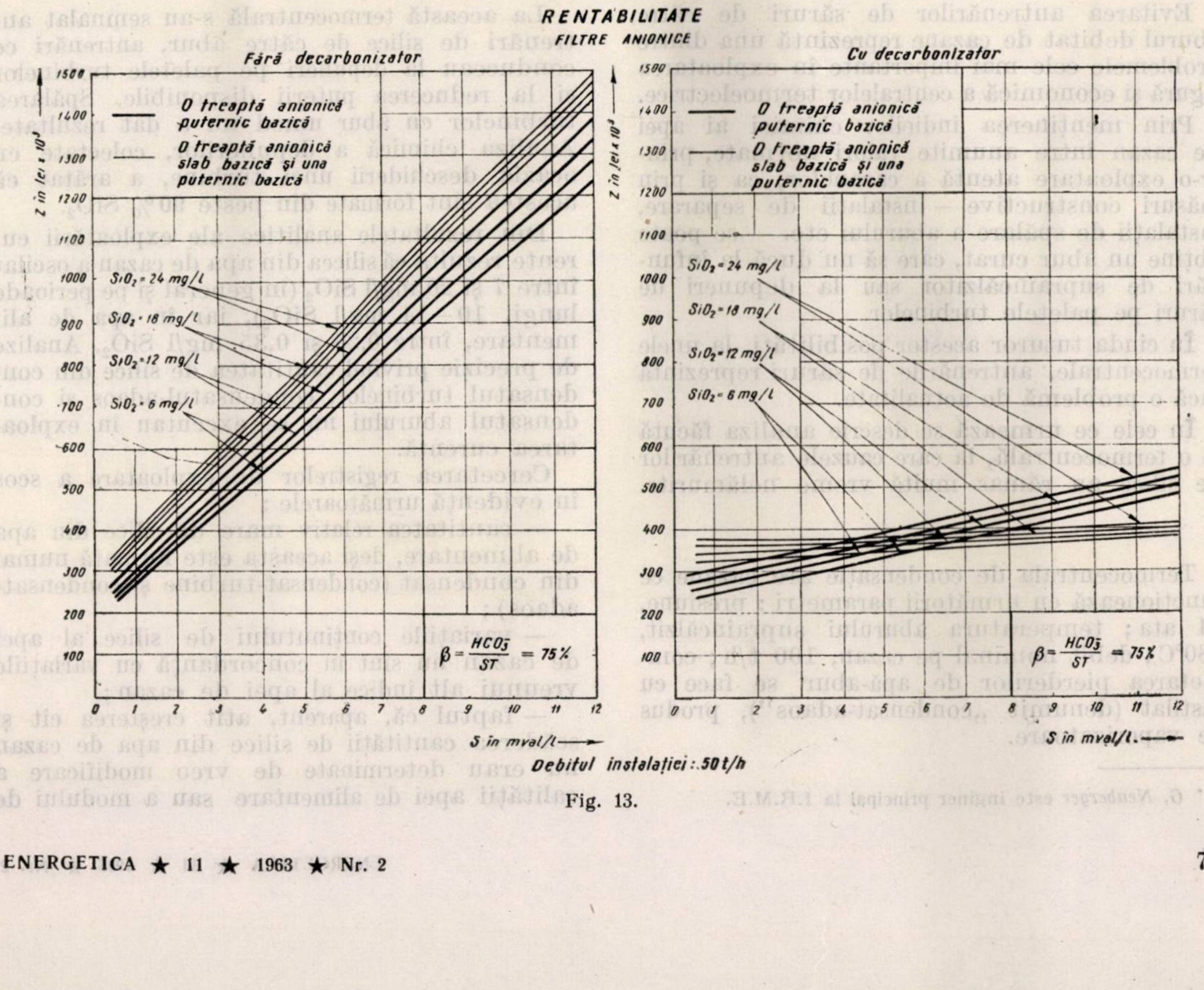

RENTABILITATE
FILTRE ANIONICE
Fără decarbonizator
Cu decarbonizator
O treaptă anionică puternic bazică
O treaptă anionică slab bazică și una puternic bazică
Z în lei·10³
Z în lei×10³
SiO₂ = 24 mg/l
SiO₂ = 18 mg/l
SiO₂ = 12 mg/l
SiO₂ = 6 mg/l
β = HCO₃⁻/ST = 75%
S în mval/l
Debitul instalației : 50 t/h
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500

Fig. 13.

b) Scăpările ionice minime se obțin în cazul cuplajului a două filtre cationice puternic acide în serie, ceea ce conduce la adoptarea acestei scheme pentru apele cu procent ridicat de sodiu.

c) Includerea a două filtre anionice în serie contribuie la protejarea anionitului puternic bazic împotriva distrugerii prin acțiunea substanțelor organice, care sînt în mare parte reținute de anionitul slab bazic anteconectat.

d) Decarbonizatorul de CO_2 asigură obținerea unei ape total demineralizate cu un pH constant, prin uniformizarea sarcinii filtrului final de desiliciere.

Trebuie menționat că rentabilitatea soluțiilor cu o singură treaptă poate să crească în cazul introducerii în schemă a unor instalații de refolosire a soluțiilor de la regenerare. Această rezolvare este însă legată de cunoașterea exactă a gradului de refolosire a soluțiilor de reactivi, lucru care nu este posibil decît pe baza experimentării schemei propuse cu ajutorul unei stații-pilot *.

*

Datele prezentate servesc pentru aprecierea rentabilității soluțiilor propuse pentru schema de bază a instalației de demineralizare. În cazurile în care apa brută necesită prelucrări speciale (limpezire, eliminarea fierului, a clorului gazos etc.), sau cînd se impun condiții severe de calitate pentru apa tratată, se vor prevedea instalații speciale în completare la cea de bază. Adoptarea soluției pentru aceste instalații (pretratări sau finisări) se va face ținîndu-se seamă de condițiile tehnice și economice specifice.

---

* Experimentările vor trebui să determine comportarea anionitului puternic bazic la reutilizarea soluției de sodă, care conține substanțe organice provenite de la regenerarea anterioară.

Unele aspecte ale regimului chimic al apei în centralele termoelectrice

GIDEON NEUBERGER * — București

Evitarea antrenărilor de săruri de către aburul debitat de cazane reprezintă una dintre problemele cele mai importante în exploatarea sigură și economică a centralelor termoelectrice.

Prin menținerea indicilor chimici ai apei de cazan între anumite valori normate, printr-o exploatare atentă a cazanelor, ca și prin măsuri constructive — instalații de separare, instalații de spălare a aburului etc. — se poate obține un abur curat, care să nu ducă la înfundări de supraîncălzitor sau la depuneri de săruri pe paletele turbinelor.

În ciuda tuturor acestor posibilități, la unele termocentrale, antrenările de săruri reprezintă încă o problemă de actualitate.

În cele ce urmează se descrie analiza făcută la o termocentrală, la care cauzele antrenărilor de silice au rămas multă vreme nelămurite.

*

Termocentrala de condensație are cazane ce funcționează cu următorii parametri : presiune, 64 ata ; temperatura aburului supraîncălzit, 480°C ; debit nominal pe cazan, 100 t/h ; completarea pierderilor de apă-abur se face cu distilat (denumit „condensat-adaos"), produs de vaporizatoare.

La această termocentrală s-au semnalat antrenări de silice de către abur, antrenări ce conduceau la depuneri pe paletele turbinelor și la reducerea puterii disponibile. Spălarea turbinelor cu abur umed nu a dat rezultate. Analiza chimică a depunerilor, colectate cu ocazia deschiderii unei turbine, a arătat că acestea sînt formate din peste 90% SiO_2.

Din rezultatele analitice ale exploatării curente rezultă că silicea din apa de cazan a oscilat între 7 și 20 mg/l SiO_2 (în general și pe perioade lungi, 10—14 mg/l SiO_2), iar în apa de alimentare, între 0,25 și 0,35 mg/l SiO_2. Analize de precizie privind cantitatea de silice din condensatul turbinelor, condensatul-adaos și condensatul aburului nu se executau în exploatarea curentă.

Cercetarea registrelor de exploatare a scos în evidență următoarele :

— cantitatea relativ mare de silice din apa de alimentare, deși aceasta este formată numai din condensat (condensat-turbine și condensat-adaos) ;

— variațiile conținutului de silice al apei de cazan nu sînt în concordanță cu variațiile vreunui alt indice al apei de cazan ;

— faptul că, aparent, atît creșterea cît și scăderea cantității de silice din apa de cazan nu erau determinate de vreo modificare a calității apei de alimentare sau a modului de exploatare a cazanelor (reducerea purjelor etc.). Conținutul de silice din apa de cazan creștea brusc (în 1–2 zile); scăderea conținutului de silice se făcea greu și în timp (două-trei săptămîni) prin purjări intense.

---

* *G. Neuberger* este inginer principal la I.R.M.E.

Dacă antrenările de silice cu aburul și depunerile de pe paletele turbinelor puteau fi explicate prin conținutul de silice, periodic prea mare, al apei de cazan, cauza care conducea la aceste salturi calitative – și care determina în fond înfundarea turbinelor – rămînea necunoscută.

Problema regimului chimic al acestei termocentrale se reduce deci, în fond, la stabilirea cauzelor ce conduc la salturile calitative ale apei de cazan și la stabilirea conținutului maxim admis din SiO_2 în apa de cazan.

Cercetarea sistematică a început prin controlul calitativ al componenților apei de alimentare.

Schema de funcționare este dată în figura 1.

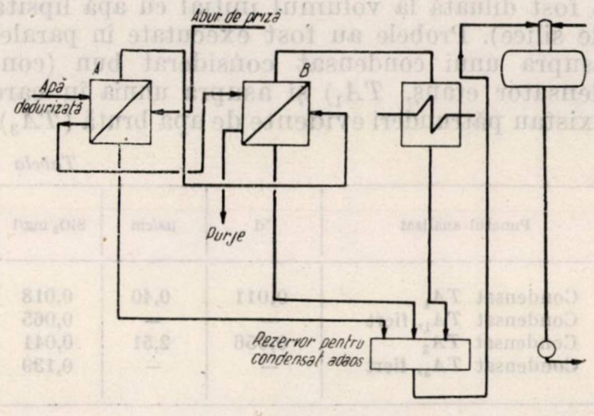


Fig. 1.

S-au executat analize asupra aburului debitat de vaporizator (*A* și *B*), condensatului-adaos, condensatului turbinelor, apei din degazor și apei de alimentare. Rezultatele analizelor (media aritmetică a șapte determinări) sînt înscrise în tabela 1.

Tabela 1

Punctul analizat	µs/cm	SiO_2 mg/l	°d	alc. p.
Abur vaporizator *A*	4,42	0,028	–	0
Abur vaporizator *B*	4,22	0,015	–	0
Condensat-adaos	5,05	0,119	0,013	0
Degazor *2*	10,00	f. mare*	–	0
Degazor *3*	2,38	0,67	–	0
Degazor *4*	3,10	f. mare*	–	0
Condensat TA_2	0,75	0,012	0,015	–
Condensat TA_3	2,25	0,031	0,048	–
Condensat TA_4	0,71	0,013	0,015	–
Alimentare P_2	3,58	0,224	–	–
Alimentare P_3	1,58	0,180	–	–
Alimentare P_4	1,84	0,182	–	–

* Colorația albastră obținută a fost atît de intensă, încît determinarea cantitativă nu s-a mai putut face cu cuvetele cu care se lucra.

S-a constatat astfel că, deși aburul vaporizatoarelor conține mai puțin de 0,03 mg/l SiO_2, condensatul-adaos are aproximativ 0,12 mg/l, deci de patru ori mai mult. Condensatul aburului primar din corpul *A* (ce se introduce în rezervorul de condensat-adaos) nu poate fi controlat, dar, fiind vorba de abur de priză, este sigur că degradarea calitativă a condensatului-adaos nu este determinată de condensatul aburului de încăizire. Numai spargerea unei țevi din corpul vaporizatorului *A* ar putea duce la impurificarea condensatului aburului primar din corpul *A*, printr-o eventuală pătrundere a leșiei din vaporizator în condensat. Dar și această posibilitate a fost exclusă, deoarece condensatul-adaos este lipsit de alcalinitate.

O înrăutățire similară – raportată la condensatul turbinelor – a putut fi constatată și la apa din degazoare, respectiv la apa de alimentare. În timp ce cantitatea maximă de silice în condensatul turbinelor este de 0,031 mg/l SiO_2, iar în condensatul-adaos de 0,12 mg/l SiO_2, conținutul minim de silice în apa din degazoare a fost de 0,67 mg/l SiO_2, iar în apa de alimentare – de 0,180 mg/l SiO_2.

Deoarece prizele de la degazoare erau greșit amplasate (zone fără circulație), rezultatele analitice obținute au valoare îndoielnică și nu pot fi luate în considerare. Faptul însă că și în apa de alimentare – unde prizele erau corect amplasate – cantitatea de silice a fost găsită mai mare decît rezultă din calculul ponderat: SiO_2 condensat-turbine + SiO_2 condensat-adaos, dovedește că înrăutățirea calitativă a condensatului turbinelor este reală.

În lumina rezultatelor analitice obținute, situația se prezintă ca și cînd în degazoare și în rezervoarele de condensat-adaos ar avea loc o îmbogățire a apei în SiO_2.

Pentru a explica acest lucru, s-a făcut presupunerea că în rezervoarele degazoarelor ar exista un strat de nămol care s-ar solubiliza parțial la fierbere, îmbogățind apa în silice. Pentru verificarea practică a presupunerii făcute s-au executat următoarele:

– s-a montat o priză, direct pe conductă, la ieșirea din degazor;

– degazorul a fost curățat de nămolul pe care-l conținea (cantități mari);

– s-a determinat cantitatea de silice din apa de alimentare și din condensat, înainte și după curățirea degazorului.

Media rezultatelor obținute – înscrise în tabela 2 – arată că apa de alimentare conține o cantitate mai mare de silice decît condensatul, atît înainte de curățire cît și după îndepărtarea nămolului din degazor. Însă, în timp ce creșterea cantității de silice din apa de alimentare înainte de curățire este de 450% față de cantitatea de silice din condensat, după îndepărtarea nămolului din degazor creşterea se reduce la 260 %.

Tabela 2

SiO$_2$, mg/l		Observaţii
Condensat TA_3	Alimentare P_3	
0,041	0,225	degazor cu nămol
0,031	0,113	degazor curăţat

Rezultatele obţinute au arătat că nămolul care a fost în degazor a contribuit la creşterea cantităţii de silice din apa de alimentare. În acelaşi timp s-a constatat însă că aceasta nu era singura sursă de infectare a condensatului.

Problema impurificării condensatului turbinelor, respectiv a apei de alimentare, prin intermediul condensatului-adaos, a fost din nou reluată. De data aceasta însă, influenţa calităţii condensatului-adaos asupra calităţii apei de alimentare a fost verificată pe cale directă, şi anume :

— s-a alimentat degazorul (curăţat) cu condensatul turbinei şi condensat-adaos — ca în exploatarea normală — controlîndu-se în acest timp (din punct de vedere calitativ) : condensatul turbinei, apa din degazor (prin priza nou montată) şi apa de alimentare (probele 1, 2), apoi ;

— s-a oprit introducerea condensatului-adaos, în degazor introducîndu-se numai condensatul turbinei ; controlul analitic a continuat în aceleaşi puncte (probele 3, 4, 5).

Tabela 3

Nr. probei	Condensat TA_3		Degazor 3		Alimentare P_3	
	SiO$_2$, mg/l	µs/cm	SiO$_2$, mg/l	µs/cm	SiO$_2$, mg/l	µs/cm
1	0,022	1,32	0,080	0,94	0,081	0,85
2	0,015	0,76	0,091	1,07	—	0,78
3	0,024	0,77	0,091	0,96	0,091	0,87
4	0,023	0,68	0,088	0,91	0,084	0,95
5	0,024	0,67	0,067	0,77	0,077	0,83

Rezultatele obţinute (tabela 3) arată că impurificarea condensatului turbinelor, respectiv a apei de alimentare, are loc independent de introducerea condensatului-adaos în degazoare. Prin aceasta, presupunerea că apa de alimentare s-ar îmbogăţi în silice datorită condensatului-adaos a fost definitiv infirmată.

*

În timpul în care se făceau măsurătorile descrise, apa de răcire a condensatoarelor a devenit tulbure, datorită unor ploi abundente. Creşterea turbidităţii apei brute a coincis cu o creştere apreciabilă a concentraţiei silicei din apa de alimentare, deşi cantitatea de SiO$_2$ din condensatul turbinelor nu a marcat vreo creştere. Exceptînd cazurile unor spargeri de ţevi de condensator, cantitatea de silice din condensat s-a menţinut la valori mici (~0,02 mg/l) şi constante.

Plecînd de la această observaţie şi de la faptul că duritatea condensatului tuturor turbinelor nu scade niciodată sub 0,01°d, s-a emis următoarea ipoteză :

O dată cu apa de răcire ce pătrunde în condensat, pătrund şi cantităţi mici de silice coloidală, care, datorită formei insolubile în care se află, nu este sesizată la determinarea analitică efectuată asupra condensatului rece. Prin fierbere, în degazoare, o parte din această silice s-ar solubiliza, ducînd la creşterile permanente de silice menţionate mai sus.

Pentru a verifica această ipoteză, s-a procedat astfel :

S-a colectat condensat şi acesta a fost fiert în vas din oţel inoxidabil. Cantitatea de silice din condensat a fost determinată atît înainte cît şi după fierbere (proba de condensat fiert a fost diluată la volumul iniţial cu apă lipsită de silice). Probele au fost executate în paralel asupra unui condensat considerat bun (condensator etanş, TA_1) şi asupra unuia în care existau pătrunderi evidente de apă brută (TA_3).

Tabela 4

Punctul analizat	°d	µs/cm	SiO$_2$ mg/l
Condensat TA_1	0,011	0,40	0,018
Condensat TA_1, fiert	—	—	0,065
Condensat TA_3	0,056	2,51	0,041
Condensat TA_3, fiert	—	—	0,139

Deşi rezultatele analitice obţinute (tabela 4) au confirmat ipoteza emisă, s-a mai făcut următoarea probă.

S-a colectat nămol din circuitul de răcire. Acesta a fost bine spălat, cu apă demineralizată rece, pînă cînd apa de spălare a avut indicii din tabela 5, col. 1.

Aceeaşi cantitate de nămol a fost apoi fiartă cu apă demineralizată. După decantarea, răcirea şi filtrarea apei de spălare, aceasta a fost analizată (tabela 5, col. 2).

Nămolul a fost reluat din nou cu apă demineralizată şi fiert timp de 8 minute. Apa decantată şi filtrată a fost supusă analizei (tabela 5, col. 3). Concentraţia în silice a fost mare, neputîndu-se determina colorimetric în condiţiile date.

Diluînd această apă de 10 ori cu apă demineralizată, s-au obţinut rezultatele din tabela 5, col. 4.

Nămolul a fost reluat din nou cu apă demineralizată şi fiert 15′. Analiza apei decantate, răcite şi filtrate este dată în tabela 5, col. 5.

Diluînd proba de 10 ori s-au obţinut rezultatele din tabela 5, col. 6.

Tabela 5

Indici	1	2	3	4	5	6
alc. p.	0	0	0	0	0	0
alc. m	0,10	0,11	0,14	0,012	0,10	0,012
Cl^-	0,7	0,6	0,7	0,65	0,8	0,57
°d	0,28	0,14	0,15	0,0156	0,11	0,012
µs/cm	5,5	5,7	4,5	2,7	5,25	1,2
SiO_2	0,079	0,545	mare	0,41	0,52	0,182

Aceste probe de laborator, executate în vase de oțel inoxidabil și material plastic, au dovedit că prin fierbere nămolul existent în circuitul de răcire se solubilizează parțial și că această solubilizare este sesizată în primul rînd de analiza SiO_2. Este de notat că, în toate cazurile, condensatul fiert, decantat și filtrat apărea perfect limpede, deși cantitatea de silice determinată analitic a fost mare.

Repetînd aceleași probe cu o mostră din nămolul scos din degazorul care a fost curățat, s-au obținut rezultate similare. Compoziția chimică a acestui nămol este dată mai jos:

SiO_2	54,01%
PO_4^{3-}	4,03%
SO_4^{2-}	0,60%
CaO	1,99%
MgO	3,05%
Fe_2O_3	21,50%
Al_2O_3	14,00%
Nedeterminate	0,83%

*

Rezultatele obținute la întreaga serie de analize și probe ce s-au efectuat au permis tragerea umătoarei concluzii privind originea creșterilor de silice din apa de cazan.

În condensat se infiltrează permanent o mică cantitate de apă de răcire, care aduce cu sine și o cantitate mai mare sau mai mică de silice coloidală, în funcție de turbiditatea apei brute. Silicea coloidală pătrunsă în circuit se solubilizează parțial în degazoare și pe traseul apei de alimentare, solubilizarea fiind probabil cantitativă în apa de cazan, unde mediul alcalin este favorabil acestui fenomen.

Prin aceasta, conținutul de SiO_2 din apa de cazan este supus, indirect, fluctuațiilor de turbiditate alei apei brute. Salturile cantitative ale silicei din apa de cazan fac imposibilă menținerea unui regim chimic constant și conduc la antrenări de silice de către abur.

*

Pentru a stabili conținutul maxim de silice al apei de cazan, la care aburul se menține curat, s-a făcut o serie de încercări termochimice. S-a stabilit astfel că pentru a obține un abur cu un conținut de $SiO_2 \leqslant 0{,}02$ mg/l, cantitatea de silice din apa de cazan trebuie să fie mai mică decît 8 mg/l SiO_2, cifră care concordă bine și cu rezultatele din literatura de specialitate [1, 2].

Menținerea acestei valori-limită în apa de cazan este posibilă, la o funcționare economică (purje mici), numai în cazul în care condensatoarele sînt etanșe.

Bibliografie

[1] Mitt. V.G.B., **76**, 1962, p. 1–3.
[2] Mitt.V.G.B., **66**, 1960, p. 158–163.

Echilibrarea etajelor din schemele de demineralizare a apei

*LOUIS STANISAVLIEVICI** – București

Echilibrarea etajelor unei scheme de demineralizare totală a apei asigură, la proiectare, utilizarea cea mai economică a capacității utile de adsorbție a schimbătorilor, investiții minime în schimbători și în echipamentul necesar și o exploatare ușoară. Verificarea și asigurarea echilibrării etajelor se impun ori de cîte ori, din anumite motive – amplificare, schimbarea caracteristicilor apei, înlocuirea schimbătorilor cu alții de tip diferit etc – se produc modificări ale datelor inițiale ale instalației de demineralizare în funcțiune.

Regenerarea inseriată a grupurilor de filtre cationice și anionice dintr-o schemă nu este realizabilă economic, din punct de vedere al investițiilor, decît dacă etajele respective sînt echilibrate. Schemele de demineralizare executate în linii distincte necesită o echilibrare corectă a etajelor pentru a putea realiza avantajele lor specifice: regenerarea inseriată a grupurilor de filtre, conducerea exploatării după grafice precise ale ciclurilor, automatizarea totală a instalației.

Factorii care trebuie luați în considerare pentru echilibrare sînt multipli și nu toți acționează în același sens asupra desfășurării procesului. Principalii sînt:

1. Felul și concentrația ionilor pe care fiecare schimbător trebuie să-i rețină. Acest factor depinde la rîndul său de caracteristicile

---

* *L. Stanisavlievici* este inginer principal la D.E.E. din M.M.E.E.

apei, de eventuala pretratare aplicată, de condițiile de calitate cerute apei demineralizate.

2. Caracteristicile fizico-chimice de folosire a schimbătorilor, în condițiile de lucru date.

Aceste criterii servesc la stabilirea unor relații cu ajutorul cărora se poate realiza, respectiv controla, echilibrarea etajelor în condițiile date și stabili dacă sînt necesare instalații auxiliare, cum ar fi : rezervoare intermediare pentru stocarea soluțiilor de regenerare, pompe de transvazare, conducte etc.

Echilibrarea se aplică, de regulă, etajelor cationice și anionice de bază (cînd acestea din urmă există în schemă); etajul anionic final și cel de bază se pot echilibra numai în anumite cazuri speciale. Trebuie prevăzute, de regulă, posibilități de stocare a soluțiilor de regenerare pentru etajele finale, cationic și anionic, din schemă.

Necesarul de schimbători pentru un anumit etaj este determinat, în primul rînd, de relația :

$$V \geqslant \frac{Q}{Sv}, \qquad (1)$$

în care :

V este volumul de schimbător care trebuie încărcat în filtrul etajului respectiv, m^3 ;

Q — volumul de apă care trebuie tratată, m^3/h ;

Sv — sarcina specifică volumetrică pentru schimbător, m^3 apă/h.m^3 schimbător.

Pentru Sv se ia o valoare mai mică decît aceea maxim admisibilă ; aceasta din urmă este determinată de viteza cu care se desfășoară schimburile și care depinde de caracteristicile fizice și chimice ale schimbătorului.

Repartizarea volumului V în unul sau mai multe filtre depinde de caracteristicile constructive ale echipamentului și de caracteristicile mecanice ale schimbătorului. Pentru asigurarea continuității funcționării schemei trebuie prevăzute rezerve de schimbători.

Volumul de apă care trebuie tratat orar nu este același pentru toate etajele schemei, deoarece apar necesități de apă tratată parțial pentru prepararea soluțiilor de regenerare, pentru afînarea și spălarea schimbătorilor.

În figura 1 sînt arătate două scheme de demineralizare, ambele pentru o apă convențională ; una cu un conținut mic pînă la mediu în HCO_3^- (a), cealaltă cu un conținut mediu pînă la mare în HCO_3^- (b).

În funcție de schema aleasă variază și volumul orar de apă care trebuie tratată ; cel necesar, Q, corespunde debitului de apă demineralizată a instalației, adică debitului ultimelor etaje ; celelalte etaje vor trebui să trateze un volum mai mare, Q, care este de regulă de 1,15 la 1,2 Q.

Durata ciclului de lucru a filtrelor din etajele schemei ar trebui să fie practic egală, permițînd astfel : 1) regenerarea întregii scheme după un grafic stabilit ; 2) folosirea regenerării înseriate, importantă mai ales pentru liniile de demineralizare și 3) evitarea rezervoarelor intermediare pentru recuperarea excesului de regenerant în vederea folosirii lui la regenerarea etajelor următoare. Deoarece nici concentrația ionilor care trebuie eliminați de filtrele diferitelor etaje nu este egală, nici capacitatea utilă a tipurilor de schimbători folosiți în schema demineralizării totale, această condiție este greu de realizat, ținînd seamă totodată și de condiția relației (1). Pentru a reduce investițiile de rezervoare, cheltuielile în energia de pompare și pentru a realiza o exploatare simplă și sigură, etajele trebuie echilibrate în măsura posibilităților pentru fiecare caz în parte.

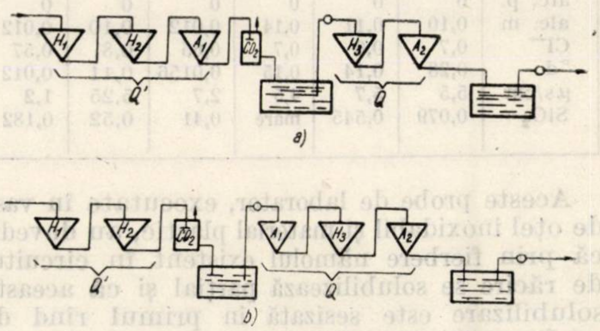


Fig. 1. Scheme de demineralizare totală a apei :

a) Conținut mic pînă la mediu în HCO_3.

b) Conținut mediu pînă la mare în HCO_3.

a – H_1, H_2, H_3 – schimbători cationici sulfonici ; b – H_1 – schimbător cationic carboxilic $Q' = 1,2$ Q.

Capacitatea utilă de adsorbție a schimbătorilor este influențată de o serie de factori specifici, diferiți pentru diferitele tipuri de schimbători. Astfel, luînd în considerare schimbătorii folosiți în mod obișnuit, factorii principali sînt :

Schimbători cationici carboxilici : pH, $NaHCO_3$;

Schimbători cationici sulfonici : Na^+, Mg^{2+}, alcalinitate m ;

Schimbători anionici slab bazici : H_2CO_3, SO_4^{2-}, Cl^- ;

Schimbători anionici puternic bazici ; SiO_2, substanțe organice, coloizi.

Nu sînt luați în considerare factorii care pot perturba funcționarea corectă a schimbătorului (temperatura, prezența solvenților, a oxidanților), nici acei de ordin general care influențează direct capacitatea utilă, cum ar fi cantitatea specifică de regenerant.

Durata ciclului de lucru se stabilește conform relației :

$$Q \cdot a \cdot v = c \cdot V, \qquad (2)$$

în care :

a este durata ciclului de lucru, ore ;

v — concentrația ionilor reținuți din apă de către schimbător, val/m^3 ;

c — capacitatea utilă a schimbătorului în condițiile de lucru date și pentru scăpările de ioni admise, val/m^3.

Q, V au semnificația din relația (1).

De unde :

$$a = \frac{c \cdot V}{Q \cdot v}. \tag{3}$$

În cazul că a prezintă o valoare neconvenabilă pentru exploatare, aceasta nu se poate modifica prin varierea lui V, ci prin varierea lui c (depinzînd de calitățile schimbătorului ales) și a lui v (modificînd schema demineralizării).

Echilibrarea etajelor, atît pentru realizarea unor cicluri de lucru de durată cît mai egală, cît, mai ales, pentru obținerea avantajelor maxime din regenerarea inseriată cu minimul de investiții în echipament și minimul de cheltuieli de exploatare, rezultă aplicînd relația (3) la grupurile de filtre ale schemei.

Condiția echilibrării se exprimă folosind relația (2).

De regulă, cum s-a amintit, vine în considerare, într-o schemă de demineralizare totală, regenerarea inseriată a etajelor $H_2 - H_1$ și $A_2 - A_1$ (fig. 1).

Folosind notațiile relației (2) și afectîndu-le cu un indice distinctiv pentru etajele respective, controlul echilibrării etajelor se face conform relației (4) :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{c_2 \; v_1}{c_1 \; v_2}. \tag{4}$$

În cazul debitelor de apă diferite furnizate de etajele anionice $A_2 - A_1$ (conform fig. 1 *a*), se aplică relația :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{Q'}{Q} \cdot \frac{c_2 \; v_1}{c_1 \; v_2} \tag{5}$$

Regenerarea inseriată se execută în sensul invers al fluxului din circuitul de lucru ; primul schimbător primește un excedent mare de regenerant, ceea ce îi mărește capacitatea utilă. Excesul de regenerant servește fără stocări intermediare regenerării schimbătorului al doilea, în condiții prescrise, realizîndu-se astfel o economie sensibilă de chimicale.

Prin încercări sistematice, de laborator sau cu stații-pilot, se determină de către consumator sau de furnizorul schimbătorilor capacitatea utilă a schimbătorului în funcție de cantitatea de regenerant, fie în condițiile stricte de lucru, fie ținîndu-se seamă, pe rînd sau simultan, de factorii care intervin și care au fost indicați mai înainte. Se obțin astfel curbe, sau familii de curbe, arătînd variația capacității utile ; în exploatare se pot obține rezultate diferite, în raport cu caracteristicile constructive ale filtrelor, cu variațiile condițiilor de lucru și cu nivelul tehnic al exploatării.

De regulă, în exploatare nu se pot executa asemenea încercări sistematice.

În figura 2 se dau curbele variației capacității utile a unui schimbător carboxilic, *1*, în funcție de cantitatea de acid clorhidric folosit la regenerare și pentru o apă brută avînd $pH = 7$ la 8, și a unui schimbător sulfonic, *2*, așezat în etajul doi, în condițiile în care în apa la intrare raportul HCO_3/suma cationilor = = 0,1, iar raportul Na/suma cationilor = 0,24.

Fig. 2. Variația capacității utile a schimbătorilor cationici, la regenerare cu acid clorhidric, în raport cu cantitatea de regenerant :

1 — schimbător carboxilic ; apă brută : pH = 7 ∼ 8 ; 2 — schimbător sulfonic ; în apă ; HCO_3/ / suma cationilor ≃ 0,1 ; Na/suma cationilor ≃ 0,90.

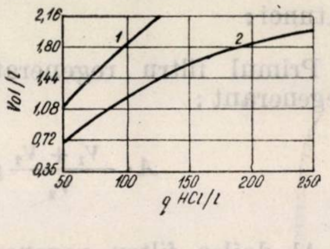


Figura 3 arată variația capacității utile, în funcție de cantitatea de hidroxid de sodiu a unui schimbător slab bazic, lucrînd cu o sarcină specifică volumetrică de 15 — 20 m^3/m^3·h, iar figura 4 dă curba corespunzătoare pentru un schimbător puternic bazic, în cazul unei ape în care raportul silice/suma anionilor = =0,25—0,28, iar scăpările de silice sînt mai mici de 0,1 mg/kg.

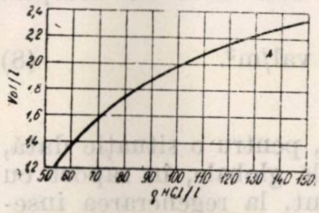
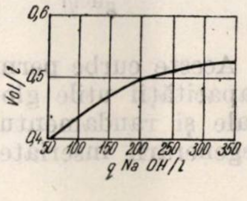


Fig. 3. Variația capacității utile a schimbătorului slab bazic în raport cu cantitatea de regenerant :

sarcina specifică volumetrică 15 m^3/m^{3}h.

Fig. 4. Variația capacității utile a schimbătorului puternic bazic în raport cu cantitatea de regenerant.

În influent : SiO_2 /suma anioni 0,25
În efluent : $SiO_2 < 0,1$ mg/kg.



Prin executarea regenerării inseriate apare o *capacitate utilă globală* a etajelor respective, în raport cu cantitatea globală de regenerant folosită, care arată randamentul regenerării inseriate.

Această caracteristică se poate determina prin încercări de laborator sau stații-pilot, dar ea se poate calcula pe baza curbelor individuale și se verifică apoi în exploatare.

Însemnînd cu :

V_1 — volumul schimbătornlui încărcat în primul filtru, m³ ;

V_2 — volumul schimbătorului încărcat în al doilea filtru, m³ ;

A — cantitatea de regenerant folosită global la regenerarea inseriată, g/l schimbători ;

B — cantitatea de regenerant consumată teoretic de primul schimbător regenerat, g/l schimbător.

Atunci :

Primul filtru regenerat, V_2, primeşte ca regenerant :

$$A \cdot \frac{V_1 + V_2}{V_2}\ \text{g/l}. \qquad (6)$$

Al doilea filtru regenerat, V_1, primeşte ca regenerant :

$$\frac{A\,(V_1 + V_2) - BV_2}{V_1}\ \text{g/l}. \qquad (7)$$

Din curbele variației capacității utile a schimbătorilor se stabileşte capacitatea lor utilă, în condițiile date, cu relațiile (6) şi (7) ; fie această capacitate c_1 şi c_2, val/m³.

Capacitatea globală este dată de relația :

$$\frac{c_1V_1 + c_2V_2}{V_1 + V_2}\ \text{val/m}^3. \qquad (8)$$

Se poate astfel trasa, pentru o situație dată, variația capacității utile globale, în raport cu cantitatea de regenerant, la regenerarea inseriată a unor etaje de filtre ionice, cum se arată în figurile 5. şi 6.

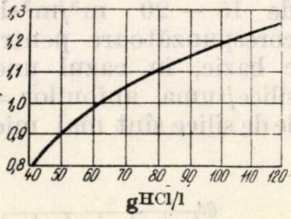


Fig. 5. Variația capacității utile globale, la regenerarea inseriată a etajelor cationice (exemplificare).

Aceste curbe permit a stabili direct valoarea capacității utile globale şi randamentul regenerării inseriate.

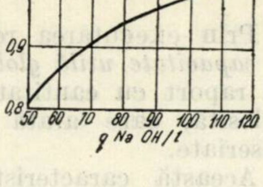


Fig. 6. Variația capacității utile globale la regenerarea inseriată a etajelor anionice (exemplificare).

Excesul regenerării inseriate exprimă consumul de regenerant ca produs de concentrație 100 % — în procente față de cel teoretic necesar.

Dacă :

C este capacitatea utilă globală, în val/l, citită pe curba respectivă ;

e — echivalent-gram al regenerantului folosit,

excesul este

$$\frac{1000\,A}{C \cdot e} \cdot 100 \qquad (9)$$

Randamentul regenerării inseriate este $\frac{C \cdot e}{10\,A}$ (10)

EXEMPLIFICARE

Apa la intrarea în instalația de demineralizare are următoarele caracteristici :

Suma ionilor 8 mval/l
Na 1,9 mval/l
Mg 1,6 mval/l
Ca 4,5 mval/l
HCO_3^- 4,5 mval/l
SO_4 + Cl 3,30 mval/l
Silice 0,20 mval/l
*p*H 7,5

Debitele de apă necesare sînt : $Q = 100$ m³/h şi $Q' = 120$ m³/h.

Se aplică schema *b* din figura 1.

Tabela 1 dă, pe baza relației (1), necesarul minim de schimbători din etajele schemei de demineralizare (fără a lua în considerare rezerva necesară asigurării funcționării continue a instalației)

Tabela 1

Necesarul minim de schimbători pentru etajele schemei

	Cationici			Anionici	
	H_1	H_2	H_3	A_1	A_2
Sarcina specifică volumetrică, m³/m³.h	15	20	25	15	15
Volumul de schimbători, m³	8	6	4	7	6,7

Schimbătorilor, pe etaje, le revin de eliminat următoarele concentrații în ioni din apă (valoarea v din relația (2)) :

$H_1 = 4{,}5$ mval/l

$H_2 = 3{,}9$ mval/l (inclusiv 0,4 mval/l scăpări din H_1)

Raporturile :

$$\frac{HCO_3^-}{S_{\text{cat}}} = \frac{0{,}4}{3{,}9} \cong 0{,}1$$

$$\frac{Na}{S_{\text{cat}}} = \frac{3{,}5}{3{,}9} \cong 0{,}9$$

$A_1 = 3{,}3$ mval/l.

$H_3 = 0{,}4$ mval/l (scăpări din H_2)

$A_2 = 0{,}8$ mval/l (0,4 mval/l scăpări din A_1 + + 0,2 mval/l CO_2 liber + + 0,2 mval/l silice)

Raportul:

$$\frac{SiO_2}{S \cdot an.} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25.$$

Pentru determinarea ciclului de lucru în ore — valoarea *a* — conform relaţiei (3), se iau în considerare capacităţile utile ale schimbătorilor, la regenerarea inseriată [valoarea *c* din relaţia (2)] admiţînd pentru regenerarea H_2—H_1 un consum specific global de 80 g HCl/l schimbător (conform fig. 5), pentru H_3 — un consum specific de circa 75 g HCl/l, iar pentru regenerarea A_2 — A_1, un consum specific global de 65 g NaOH/l schimbător (conform fig. 6).

Tabela 2

Ciclurile de lucru ale etajelor schemei de demineralizare

Caracteristici	Cationici			Anionici	
	H_1	H_2	H_3	A_1	A_2
Capacitate utilă, val/m³ (*c*)	1 650	1 780	1 000	1 220	450
Concentraţia ionilor val/m³ (*v*)	4,5	3,9	0,4	3,30	0,80
Ciclul de lucru, ore (*a*)	24½	23	100	25½	38

Rezultatele sînt concentrate în tabela 2. Regenerarea inseriată $H_2 - H_1$ se poate executa fără instalaţii auxiliare, cele două etaje fiind echilibrate.

Regenerarea etajului H_3 se execută separat, în cadenţa de 1 la 4 faţă de etajele H_1 şi H_2; excesul de acid poate fi folosit la regenerarea schimbătorilor cationici precedenţi.

Relaţia (4) dă, pentru etajele H_1 şi H_2, condiţia:

$$\frac{8}{6} \cong \frac{1\,780 \times 4,5}{1\,650 \times 3,9}, \text{ adică } 1,33 \cong 1,24,$$

ceea ce este satisfăcător pentru echilibrare.

Etajele anionice nu se pot regenera inseriat fără instalaţii auxiliare pentru depozitarea temporară a soluţiei de regenerat.

Relaţia dă, pentru acest caz:

$$\frac{7}{6,7} \neq \frac{450 \times 3,3}{1220 \times 0,8}, \text{ adică } 1,04 \neq 1,52.$$

Excesul de regenerant pentru etajele H_2 — H_1 este:

$$\frac{1\,000 \times 80}{1\,760 \times 36,5} \cdot 100 = 125, \text{ iar randamentul:}$$

$$\frac{1\,760 \times 36,5}{800} = 80,3\,\%.$$

În unele situaţii, diferite de cele ale exemplului folosit, echilibrarea poate fi realizată, de exemplu, cînd schimbătorul A_1 prezintă scăpări mari, sau cînd schimbătorul A_2 are o capacitate utilă redusă; dar aceasta este o consecinţă a unei rezolvări neavantajoase din punct de vedere tehnico-economic a problemei.

De asemenea pot apărea în exploatare situaţii diverse, datorită caracteristicilor constructive ale echipamentului, în special ale filtrelor, ale variaţiei caracteristicilor apei, ale debitului necesitat, ale gradului de automatizare etc. Indicaţiile date aici permit verificarea şi realizarea condiţiilor de bază tehnico-economice celor mai favorabile pentru funcţionarea unei scheme de demineralizare existente sau nou proiectate.

Variaţia reţinerii acidului carbonic de către schimbătorii anionici mediu bazici (polifuncţionali)

*EUGEN CONDURACHE** — Borzeşti

Stabilirea variaţiei reţinerii acidului carbonic de către schimbătorii anionici mediu bazici, în cursul ciclului lor de lucru, şi variaţia conţinutului în bioxid de carbon în apă la intrare şi ieşire din decarbonizator au fost efectuate la CET Borzeşti.

Instalaţia de demineralizare totală a apei funcţionează după următoarea schemă:

— coagularea apei brute (din rîul Trotuş) cu sulfat feros concomitent cu tratarea cu var;

— decantarea apei, urmată de filtrarea mecanică prin filtre mecanice cu două circuite, încărcate cu cuarţ de granulaţie 1—3 mm.

Instalaţia de demineralizare propriu-zisă funcţionează după schema:

— filtre H-cationice sulfonice, etajul I (H_0), filtre H-cationice sulfonice, etajul II (H_1), filtre anionice mediu bazice (A_1) decarbonizator-filtre H-cationice sulfonice, etajul II (H_2), filtre anionice puternic bazice (A_2).

Dozajul varului pentru reducerea bicarbonaţilor este în medie de 5,5 val CaO/m³ apă; el se reglează în funcţie de conţinutul de bicarbonați în apa brută, de cantitatea de coagulant, de conținutul de CO_2 din apă și de surplusul necesar menținerii în apa limpezită a unei cantități de hidroxid de calciu, în jur de 0,1—0,2 mval/litru ($2p - m = 0{,}1-0{,}2$).

---

* Chimist *E. Condurache* este şeful secţiei chimice de la I.C.T. Borzeşti.

Dozarea coagulantului ($SO_4Fe \cdot 7H_2O$) variază după anotimp în funcție de gradul de impurificare a apei brute; astfel, în perioada viiturilor de primăvară se dozează 0,5—0,7 val/m³ apă, vara — 0,35, iarna — 0,18.

Filtrele H_0 sînt încărcate cu Lewatit S—100, fiecare cu 11,4 m³ schimbător.

Filtrele H_1 sînt încărcate cu Allassion C.S., cu cîte 10,8 m³ schimbător.

Regenerarea filtrelor $H_0 - H_1$ se execută în serie.

Filtrele H_2 sînt încărcate cu Lewatit S—100, cu cîte 7 m³ schimbător.

Regenerarea lor se execută separat.

Decarbonizatorul are diametrul de 2530 mm și înălțimea de 3170 mm; el este încărcat cu inele Raschig pe o porțiune de 2520 mm din înălțime, confecționate din CPV. Decarbonizatorul este prevăzut cu un ventilator cu debit de 12 000 m³/h și presiunea 130 mm col. apă.

La funcționarea la sarcina maximă, de 300 m³ apă/h pentru un m³ apă revin 40 m³ aer.

Filtrele anionice A_1 sînt încărcate cu un schimbător mediu bazic, Wofatit L—150, cu cîte 11,7 m³, iar filtrele anionice A_2 sînt încărcate cu un schimbător puternic bazic Lewatit M.N (2 buc.) și Allassion AQ.17 (2 buc.).

Regenerarea filtrelor A_1 și A_2 se execută în serie, trecînd soluția de regenerare în filtrele A_2 de sus în jos, iar în filtrele A_1 de jos în sus.

Capacitatea utilă de adsorbție a unui m³ de Wofatit L-150 este de 1250 val, cu un consum de 135 g NaOH 100% pentru 1 l anionit. Cantitatea de apă care trece prin filtrul A_1 pînă la scăpări de Cl^- într-un ciclu de funcționare este în funcție de mărimea acidității, $-m = Cl + SO_4$, în apa după filtrele H_1; această mărime variază de la 2,5 la 11 mval la litru.

La un conținut minim de aciditate, $-m=2{,}5$, va trece prin filtru pînă la scăparea de ioni Cl^- o cantitate de apă de 5850 m³.

La un conținut maxim, $-m = 11$, vor trece 1330 m³ apă.

S-a analizat funcționarea între două regenerări a filtrului anionic mediu bazic A_1 — 1. Capacitatea utilă de adsorbție a fost:

$$C_{schimb} = 3930 \times 4{,}7 = 18\,471 \text{ val},$$

unde:

3930 este cantitatea totală de apă trecută prin filtru pînă la scăparea de ioni clor;

4,7 — media conținutului $Cl + SO_4$ în apa după filtrele H_1.

Pe m³ schimbător încărcat în filtru, ea este: $\frac{18\,471}{11{,}7} = 1578$ val; 11,7 = volumul de schimbător încărcat în filtru, m³.

La această capacitate, consumul specific de NaOH 100% este:

a) pentru un val capacitate de adsorbție = = 91 g;

b) pentru un litru schimbător încărcat în filtru = 144 g;

c) pentru un m³ apă filtrată = 0,429 kg.

În timpul funcționării filtrului, conținutul în bicarbonați din apă, după tratarea cu var, a fost zero, iar conținutul de carbonați a variat între 0,4 și 1 mval/l.

Conținutul de CO_2 din apă după anionitul mediu bazic, la începutul ciclului de funcționare, este zero.

Scăpări de bioxid de carbon se constată după trecerea prin filtre a unei cantități de apă de 2880 m³.

Prin urmare, anionitul mediu bazic Wofatit L-150 reține după regenerare, o dată cu anionii $Cl + SO_4$, și bioxidul de carbon.

În timpul funcționării filtrului, anionii acizilor tari dislocă acidul carbonic, care este din nou reținut de masa anionică din straturile de mai jos; astfel, la un moment dat schimbătorul anionic dintr-un filtru va prezenta următoarele straturi:

a) straturile superioare ale filtrului sînt formate din granulele care au reținut anionii acizilor tari;

b) straturile inferioare sînt formate din granulele care au reținut acidul carbonic;

c) ultimul strat este constituit din granulele de masă active, nesolicitate încă la adsorbție.

La sfîrșitul ciclului de lucru va apărea în filtrat mai întîi acidul carbonic, iar apoi anionii acizilor tari.

În cazul de față, filtrul a fost epuizat din punct de vedere al acidului carbonic după ce au trecut 2880 m³ apă. Apariția acidului carbonic în filtrat este progresivă; la început, conținutul de CO_2 este mic: 0,88 mg/l, apoi crește la 0,8 ... 2 ... 46 mg/l, cînd în filtrat apare clorul și apa are reacție acidă.

Alcalinitatea p are la începutul ciclului valoarea 0,17, apoi scade treptat pînă la dispariția ei totală. Acest moment coincide cu apariția bioxidului de carbon în filtrat, care neutralizează alcalinitatea caustică, formînd bicarbonat de sodiu. Mărimea conținutului în bicarbonat este în funcție de cantitatea de Na^+ scăpată din filtrele H_1, avînd loc reacțiile:

$$NaCl + A - OH = A - Cl + Na - OH$$

(lipsă de CO_2)

$$NaOH + H_2CO_3 = NaHCO_3 + H_2O$$ (apariția de CO_2)

Capacitatea de schimb utilă a filtrului anionic pînă la scăpări de acid carbonic este : $2880 \times 4{,}7 = 13\,436$ val, respectiv pentru un m^3 masă anionică = 1148 val.

Dacă s-ar scoate filtrul din funcțiune și s-ar supune regenerării, la apariția în filtrat a acidului carbonic, consumul specific de regenerant ar crește de la 0,429 kg la 0,6 kg, sau cu 0,17 kg/m^3 apă.

Conținutul de CO_2 după decarbonizator lipsește pînă la un moment dat (29 iulie orele 15), cînd crește la 8,8 mg la litru. Această creștere se datorește faptului că, în paralel cu filtrul $A_1 - 1$, lucra și filtrul $A_1 - 2$, care în jurul acestei date s-a epuizat, conținutul de CO_2 al apei de la acest filtru fiind de 33 mg/l. Apa de la filtrul $A_1 - 1$, cu alcalinitatea p de 0,15, se amestecă în colector cu apa de la filtrul $A_1 - 2$, cu conținut de CO_2 de 33 mg/l. Amestecul este supus degazării în decarbonizator. Debitele celor două filtre fiind egale, rezultă un conținut de CO_2 în apă după amestec de 13,5 mg/l; această cifră se mai micșorează cu cantitatea echivalentă de NaOH debitată de filtrul $A_1 - 1$. Decarbonizatorul reduce conținutul de CO_2 din apă pînă la 8,8 mg/l.

Solicitarea decarbonizatorului în ceea ce privește concentrația de bioxid de carbon dizolvat în apă este variabilă; astfel, în cazul analizat, decarbonizatorul a mers în gol din ziua de 28 iulie, orele 19, pînă în ziua de 29 iulie, orele 15, a lucrat în plin pînă la orele 19, a continuat apoi să meargă în gol pînă în ziua de 30 iulie, orele 7,00. Orele de vîrf au fost 10 la 15 ale aceleiași zile, după care a continuat să meargă din nou în gol. Pentru perioadele de mers în gol, ventilatorul decarbonizatorului putea fi oprit.

Analizînd sarcina decarbonizatorului pe o perioadă mai mare de timp, rezultă următoarele :

De exemplu, în ziua de 21 iulie, ora 7,00, s-a pus în funcțiune un filtru A_1 regenerat, neprezentînd scăpări de CO_2 și lucrînd în paralel cu un alt filtru, $A_1 - 4$, prin care trecuseră 2000 t apă. Decarbonizatorul a mers în gol din ziua de 21 iulie, orele 7,00 pînă în ziua de 22 iulie, orele 22, cînd a apărut CO_2 în apă de la $A_1 - 4$ care se epuizase din punct de vedere al reținerii CO_2, mergînd astfel în gol 39 ore, cu un debit mediu de 160 t/h. Conținutul de CO_2 după filtrul $A_1 - 4$ a fost de 33 mg/l; în același timp, conținutul de CO_2 în apă după decarbonizator a atins cifra maximă de 7,7 mg/l.

Perioada de lucru a durat de la 23 iulie, orele 22, pînă la 23 iulie, orele 9,00, deci aproximativ 11 ore. Apoi a mers iarăși în gol circa 46 ore, pînă la 25 iulie, orele 7,00, timp în care ventilatorul putea să fie oprit.

Sînt cazuri în timpul exploatării cînd decarbonizatorul nu face față, nu elimină CO_2 din apă pînă la limita de 5 mg/l. Dăm mai jos caracteristicile apei a două filtre anionice mediu bazice, epuizate din punct de vedere al reținerii acidului carbonic, și conținutul în CO_2 după decarbonizator (tabela 1).

Tabela 1

Data	Ora	Filtre anionice mediu bazice						Caracteristicile apei după decarbonizator		
		A_1-2			A_1-4					
		Debit total	Alc., m	CO_2 mg/l	Debit total	Alc., m	CO_2, mg/l	CO_2, mg/l	Debit, m^3/b	Observații
30.06	19	6 110	0,1	40	3 540	0,1	25	19	160	
,,	21	6 270	0,08	57	3 700	0,1	29,7	19,8	160	temperatura apei a variat între 26 și 28°C
	22	epuizat intrarea în funcțiune								
01.07	4	560	0,13	0	4 340	0,09	55	15	200	
,,	11	1 140	0,12	0	4 930	–m 0,1	55	15	160	
,,	14	1 380	0,1	0	epuizat Cl intră 5 mg/l					
					A_1-2 160	0,14	0	0	160	

Din tabelă rezultă un conținut mare de CO_2 după decarbonizator în timpul funcționării cu două filtre epuizate față de reținerea acidului carbonic. În acest caz, decarbonizatorul nu este capabil să elimine bioxidul de carbon din apă, este suprasolicitat, urmînd apoi un mers în gol de 35 ore, pînă în ziua de 2 iulie, orele 24.

În tabela 2 redăm modul de funcționare a filtrelor anionice mediu bazice din punct de vedere al reținerii acidului carbonic.

Tabela 2

Filtre	Cantitatea de apă în m³ trecută prin filtre pînă la epuizare faţă de acidul carbonic şi conţinutul în CO_2, mg/l	Cantitatea de apă trecută prin filtre pînă la epuizare faţă de anionii acizilor tari, m³	CO_2 maxim din filtrat în timpul epuizării	CO_2 după decarbonizator
			mg/l	
A_1-1	3 040 $-CO_2 = 5{,}5$	5 500	66	9,9
A_1-2	4 510 $-CO_2 = 4$	6 260	55	8,8
A_1-4	4 770 $-CO_2 = 2$	5 760	48	7,7
A_1-3	4 270 $-CO_2 = 3{,}3$	5 200	44	11
A_1-1	4 500 $-CO_2 = 2{,}2$	5 520	77	19,8

Concluzii

1. Din încercările efectuate rezultă că schimbătorul anionic mediu bazic Wofatit L-150 este un schimbător polifuncţional; proaspăt regenerat, el reţine anionii acizilor tari şi acidul carbonic, pe care-l elimină în momentul epuizării faţă de anionii acizilor slabi.

2. Solicitarea decarbonizatorului este variabilă, în raport cu epuizarea filtrelor anionice faţă de reţinerea bioxidului de carbon.

3. Sînt perioade cînd nu este necesară funcţionarea decarbonizatorului, acesta putînd fi oprit pe un interval variabil ca durată (de la 30 la 50 ore).

4. Perioadele de sarcină maximă din punct de vedere al conţinutului de CO_2 sînt scurte (6–10 ore); eliminarea bioxidului de carbon nu este întotdeauna eficace, ceea ce solicită în acest timp filtrele A_2 puternic bazice.

5. În cazul unei pretratări a apei cu var se poate elimina decarbonizatorul din schema de demineralizare totală, însă în acest caz creşte consumul specific de NaOH cu aproximativ 0,17 kg/m³, dacă filtrul se scoate din funcţiune în momentul epuizării masei, faţă de acidul carbonic, adică dacă schimbătorul mediu bazic ar prelua exclusiv rolul de a reţine CO_2.

6. Considerăm necesar decarbonizatorul în schema demineralizării totale, chiar în cazul tratării apei cu var, deoarece este un agregat simplu, uşor de exploatat şi se amortizează în timp scurt.

7. În timpul solicitării sale, decarbonizatorul elimină aproximativ 50% din conţinutul total de CO_2 din apă.

8. Decarbonizatorul trebuie dimensionat corespunzător şi, printr-un control automat continuu, funcţionarea şi oprirea lui trebuie conduse în raport cu condiţiile de exploatare.

Experienţa folosirii hidrazinei în exploatare

*LIVIU FENDRIHAN** — Brazi

Întrebuinţarea hidrazinei pentru legarea oxigenului din apă este relativ recentă.

La noi în ţară s-a introdus pentru prima oară la I.C.T. Brazi la 9.XII.1961, sub forma unei soluţii diluate de hidrat de hidrazină (0,1%).

Hidrazina procurată din import se prezintă ca soluţie 24% $N_2H_4 \cdot H_2O$ sau 15% N_2H_4, ambalată în canistre din polietilenă a 60 kg capacitate sau în butoaie de fier, căptuşite în interior cu masă plastică, a 200 kg capacitate. Stocarea hidrazinei se face într-un depozit special amenajat, la umbră.

Instalaţia pentru prepararea soluţiei diluate de hidrazină şi pentru dozarea acesteia în apa de alimentare a cazanelor se compune (fig. 1) din următoarele:

— un rezervor cilindric, cu fund conic, de 1 500 l capacitate, confecţionat din tablă de oţel carbon, pentru depozitarea soluţiei diluate de hidrat de hidrazină, prevăzut cu un capac etanş;

— un rezervor de măsură pentru soluţia diluată de hidrazină (0,1% N_2H_4) de formă cilindrică, etanş;

— o electropompă centrifugă de recirculare a soluţiei diluate de hidrazină pentru omogenizarea concentraţiei;

— o electropompă cu piston tip ND-100 pentru dozarea soluţiei diluate de hidrazină.

Diluarea soluţiei concentrate de hidrazină se face cu apă total demineralizată (*ATD*) rece, iar dozarea ei se face în conducta de aspiraţie a electropompelor de alimentare a cazanelor cu aburi, adică la ieşirea din degazorul de 6 ata (fig. 2).

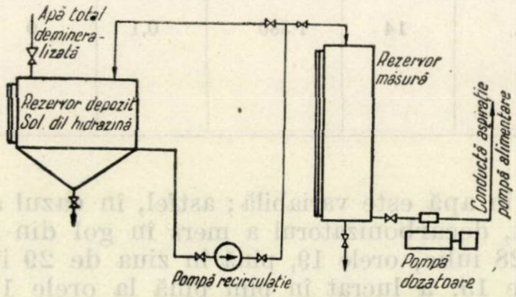


Fig. 1. Instalaţia de hidrazină.

---

* Ing. *L. Fendrihan* este şeful secţiei chimice de la I.C.T. Brazi.

Toată această instalație este plasată în camera de hidrazină, care este prevăzută cu un ventilator puternic și cu posibilități de aerisire naturală.

Măsurarea hidrazinei se face într-o găleată de polietilenă, gradată în litri, din care se toarnă, cu ajutorul unei pîlnii, printr-un orificiu de 1/2" practicat în capacul de vizitare al rezervorului pentru soluție diluată de hidrazină și care se închide apoi cu un dop metalic filetat.

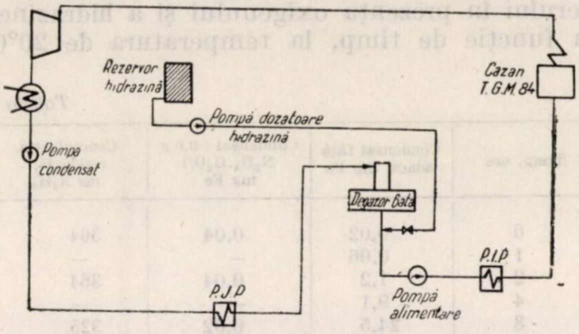


Fig. 2. Schema termică simplificată.

Omogenizarea concentrației soluției de hidrazină este satisfăcătoare după 10 minute de funcționare a pompei de recirculație. Prelevarea probelor pentru controlul concentrației se poate face prin ventilul de probe montat la rezervor. Transvazarea soluției diluate de hidrazină din rezervorul de depozitare în cel de măsură se face tot cu ajutorul pompei de recirculație.

Un manometru montat pe refularea pompei dozatoare indică o eventuală manevră greșită în sala turbinelor, adică închiderea ventilului de pe conducta de dozarea hidrazinei de Ø 15 mm.

Termocentrala Brazi are montate cazane de tip TGM-84, de 140 ata, 420 t/h, 575°C, alimentate cu condensat de bază, secundar și apă total demineralizată. Apa de alimentare are un *p*H ce variază între 8 și 9, pentru care soluția de hidrazină ce se dozează în aspirația pompelor de alimentare a cazanelor se amestecă cu soluție de amoniac.

Înainte de pornire, cazanul a fost alcalinizat cu sodă caustică și fosfat trisodic, conform prescripților sovietice; nu i s-a putut aplica o spălare acidă, pentru îndepărtarea radicală a oxizilor de fier, din cauza necesității de a intra cît mai urgent în funcțiune.

Dozarea hidrazinei a început, cum am mai amintit, în decembrie 1961.

Cifrele nu sînt suficient de concludente pentru a demonstra efectul tratamentului cu hidrazină, atît din cauza frecventelor opriri ale cazanului cît și datorită faptului că purjările la un cazan alimentat cu apă total demineralizată sînt foarte reduse, ceea ce face ca fierul dislocat să fie plimbat mult în circuitul termic pînă la eliminare.

Pe de altă parte, prin introducerea repetată a apei din rezervoarele de drenaj în circuitul apei de alimentare s-a mărit simțitor conținutul de fier, alterînd rezultatele efectului hidrazinei.

Datele obținute la Termocentrala Brazi sînt concretizate în tabela 1.

Tabela 1

Luna	Hifrazină, mg/l			Fier, mg/l	
	Apă alimentare	Cazan	Condensat	Apă alimentare	Cazan
Noiembrie 1961	—	—	—	0,10	0,12
Decembrie 1961	0,04	0,02	0,01	0,22	0,26
Ianuarie 1962	0,2	0,15	0,04	0,30	0,40
Februarie 1962	0,15	0,06	0,02	0,15	0,25
Martie 1962	0,18	0,12	0,05	0,25	0,30
Aprilie 1962	0,12	0,08	0,01	0,35	0,40
Mai 1962	0,10	0,05	—	0,45	0,35
Iunie 1962	0,16	0,12	—	0,08	0,12
Iulie 1962	0,15	0,10	0,02	0,03	0,07

Controlul interior al suprafețelor de încălzire a demonstrat clar eficiența tratamentului cu hidrazină, acestea fiind acoperite cu un strat uniform și aderent de magnetită de culoare neagră-gri.

Din reacția:

$$N_2H_4 + O_2 = 2H_2O + N_2$$

se observă că pentru a lega 1 g oxigen avem nevoie de 1 g hidrazină sau 6 g hidrat de hidrazină 24%.

Reamintind că hidrazina reduce Fe_2O_3 la Fe_3O_4 și oxizii de cupru la cupru metalic, ne putem explica de ce hidrazina nu poate fi găsită în exces în primele 5—10 zile de la introducerea dozării în apa de alimentare, perioadă care servește la saturarea cu hidrazină a întregului sistem (circuit). Această perioadă este evident cu atît mai lungă, cu cît circuitul respectiv este mai încărcat cu oxizi.

Specialiștii sovietici indică pentru această perioadă următoarea formulă pentru calcularea consumului de hidrazină, în mg/l apă alimentară:

$$q' = 2{,}5\, C_1 + 0{,}3\, C_2 + 0{,}1\, C_3 \qquad (1)$$

în care:

q' este doza de hidrazină, mg/l;

C_1 — conținutul în oxigen al apei de alimentare după degazoare, mg/l;

C_2 — conținutul în Fe_2O_3 al apei de alimentare, mg/l;

C_3 — conținutul în CuO al apei de alimentare, mg/l.

După saturarea sistemului cu hidrazină, lucru ce se evidențiază prin apariția unui exces de hidrazină, dozarea acesteia se poate calcula după formula:

$$q'' = 2{,}5\ C_1 + 0{,}15\ C_2 + 0{,}15\ C_3\ (\text{mg/l}) \quad (2)$$

în care: q'', C_1, C_2 şi C_3 au aceleaşi semnificaţii ca şi în formula (1).

Faptul că hidrazina se descompune la cald, punînd în libertate amoniac, a constituit subiectul multor controverse cu privire la comportarea aliajelor de cupru în prezenţa amoniacului. De fapt, orice atac al acestor aliaje se datoreşte unui amestec între amoniac şi oxigen şi poate fi prevenit atîta vreme cît se adaugă suficientă hidrazină pentru a lega orice urmă de oxigen. Deoarece în acest caz este oarecum de temut atacul ţevilor de alamă de la condensatoarele turbinelor, deşi este neeconomic, englezii recomandă injecţia de hidrazină direct în condensator.

Tot corosiv acţionează şi bioxidul de carbon şi chiar în prezenţa unor cantităţi mici de amoniac corespunzînd formării bicarbonatului de amoniu.

Pentru a preveni acest lucru se va adăuga atîta amoniac pentru a se forma carbonat de amoniu şi se va ridica valoarea pH-ului apei peste 8,5.

Din cauza economiei de hidrazină, de cele mai multe ori nu se produce prin descompunerea termică a acesteia suficient amoniac pentru a ridica pH-ul condensatului peste 8,5, şi de aceea este necesar să se adauge amoniac, morfolină sau ciclohexilamină. Amoniacul este reactivul cel mai întrebuinţat, fiind şi cel mai ieftin.

Prin introducerea tratamentului cu hidrazină al apei de alimentare, s-a remarcat scăderea conţinutului de fier şi cupru în apa din circuitul termic.

Încercările efectuate de M. Zimmermann au dovedit că fierul introdus în apa ce conţine hidrazină nu mai rugineşte chiar la temperatura camerei, cu condiţia ca pH-ul acesteia să fie mai mare decît 8, iar concentraţia hidrazinei suficientă.

Tabela 2 arată comportarea la coroziune a fierului în prezenţa oxigenului şi a hidrazinei, în funcţie de timp, la temperatura de 20°C.

Tabela 2

Timp, ore	Condensat fără adaos, mg Fe	Condensat + 0,6 g $N_2H_4.H_2O$/l mg Fe	Concentraţia reziduală, mg N_2H_4
0	0,02	0,04	364
1	0,06	—	—
2	1,2	0,04	364
4	9,1	—	—
8	24,5	0,02	325
24	70,0	0,08	283
48	—	0,18	168
72	—	0,18	33
96	—	60,0	0
100	—	141,0	0

Alte încercări, mai complexe, au fost întreprinse la o termocentrală din Anglia, unde hidrazina în exces de 10% a fost injectată în apa condensată, la ieşirea din degazor, împreună cu o soluţie de NaOH, pentru menţinerea unui pH = 8,4 (tabela 3).

Tabela 3

Luna	Hidrazină, mg/		NH_3 în condensat, mg/l	Cupru în apa de alimentare, mg/l		Fier în apa de alimentare, mg/l		pH condensat
	Apa de alimentare	Apa de cazan		I	II	I	II	
August 1954	—	—	0,15	0,020	0,022	0,042	0,040	—
Septembrie 1954	—	—	0,16	0,024	0,021	0,044	0,046	—
Octombrie 1954	—	—	0,21	0,028	0,024	0,044	0,044	—
Noiembrie 1954	—	—	0,19	0,036	0,035	0,062	0,058	—
Decembrie 1954	—	—	0,25	0,024	0,026	0,052	0,056	—
Ianuarie 1955	—	—	0,23	0,022	0,024	0,043	0,047	8,5
Februarie 1955	—	—	0,20	0,022	0,020	0,047	0,046	8,4
Martie 1955	0,049	0,030	1,00	0,011	0,011	0,036	0,033	8,8
Aprilie 1955	0,075	0,065	1,60	0,011	0,015	0,029	0,027	9,0
Mai 1955	0,057	0,050	1,05	0,009	0,011	0,028	0,028	8,8
Iunie 1955	0,060	0,048	1,15	0,009	0,009	0,021	0,020	8,9
Iulie 1955	0,052	0,046	1,05	0,011	0,011	0,029	0,025	8,8
August 1955	0,041	0,044	1,30	0,012	0,010	0,019	0,022	8,9
Septembrie 1955	0,077	0,082	1,65	0,012	0,009	0,022	0,022	9,2
Octombrie 1955	0,084	0,088	1,20	0,007	0,009	0,022	0,021	9,0
Noiembrie 1955	0,077	0,081	1,40	0,011	0,011	0,028	0,027	9,1
Decembrie 1955	0,074	0,078	1,55	0,015	0,012	0,023	0,025	8,8

Analizînd datele din tabela 3, observăm că după introducerea hidrazinei, care a avut loc în luna martie 1955, amoniacul din condensat creşte la valori mai mari decît 1 şi concomitent se observă o scădere simţitoare a conţinutului de fier şi cupru din apa de alimentare. La deschiderea cazanului după şase luni de funcţionare, suprafeţele de încălzire au fost găsite la interior acoperite cu o peliculă continuă de Fe_3O_4.

În probele luate de la pompa de alimentare s-a descoperit totuși oxigen rezidual, cu toată injecția de hidrazină, fapt ce se datorește vitezei mici de reacție dintre acestea, la temperaturi joase.

Influența temperaturii apei asupra vitezei de reacție dintre hidrazină și oxigen a fost studiată de Ellis și Moreland, cu un exces de hidrazină de 20% la un $pH = 9$.

Din diagrama din figura 3 se observă că, la o creștere a temperaturii de numai 10°C, viteza de reacție se dublează. Extrapolînd rezultatele, putem conchide că la temperatura de 170°C reacția se petrece în cîteva secunde.

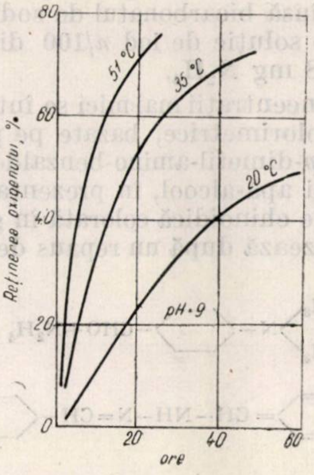


Fig. 3.

După recomandările engleze, hidrazina se diluează la o concentrație sub 1% și se stochează timp de 24 de ore în rezervoare deschise, din oțel carbon, lipsit de rugină, pierderile datorită oxidării atmosferice fiind neglijabile dacă temperatura nu depășește +49°C.

Schemele uzuale, cu punctele de injecție posibile sînt date în figurile 4 și 5.

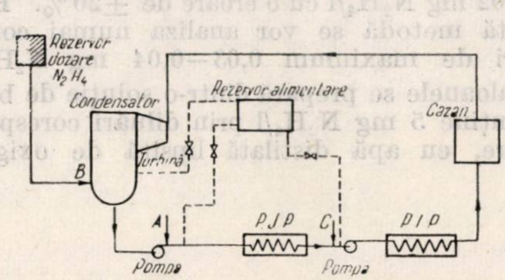


Fig. 4.

La majoritatea sistemelor de alimentare cu apă a cazanelor, hidrazina se injectează la pompa de extracție a condensatului, cu care ocazie întreg sistemul poate fi protejat (pct. A, fig. 4 și 5). Acest punct este cel mai convenabil, chiar dacă avem montat un degazor pe linia de alimentare. Hidrazina fiind mai volatilă decît apa, pierderile în degazoare se încadrează între 5 și 10%. Toate aceste neajunsuri sînt contrabalansate de faptul că hidrazina, adăugată înaintea degazorului, acționează ca inhibitor al coroziunii datorită oxigenului, pentru toată partea de joasă presiune a liniei de alimentare, chiar dacă aceasta reacționează incomplet cu oxigenul, datorită temperaturii insuficiente.

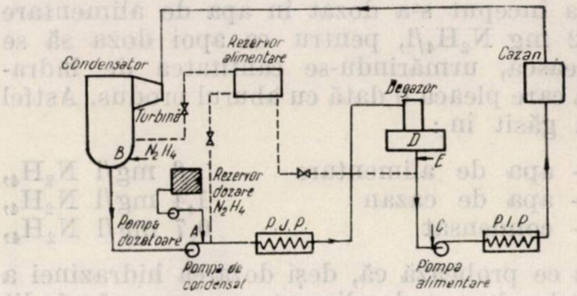


Fig. 5.

În lipsa unei pompe dozatoare, hidrazina poate fi introdusă în condensator cu ajutorul vidului de acolo, sau prin presiune hidrostatică, prin intermediul unui ventil de reglaj cu ac (pct. *B*), sau în aspirația pompei de alimentare (pct. *C*).

În cazul cînd în sistemul de alimentare se află montat un degazor, hidrazina se poate introduce imediat după acesta, în rezervorul degazorului (pct. *D*) sau în aspirația pompei de alimentare a cazanelor (pct. *E* sau *C*).

Specialiștii englezi recomandă, în cazul cînd avem o cantitate mai mare de oxizi de fier în sistem, ca excesul normal de hidrazină de 100% să crească pînă la 200—300%, cifrele referindu-se la hidrazina pură.

Cantitatea de hidrat de hidrazină necesar a fi adăugată pe oră se poate calcula în modul următor:

Fie: A — debitul de abur al cazanului, t/h;

B — cantitatea de oxigen din apa de alimentare, mg/l.

Cantitatea de hidrazină ce se va adăuga la un exces de 100% este $2B$ mg/l.

Consumul de hidrazină pe oră va fi de $\frac{A \cdot 2B}{1\,000}$ kg.

Consumul de hidrat de hidrazină comercial pe oră va fi de $\frac{2AB}{Z \cdot 10}$ kg, în care Z este procentul de hidrazină al produsului comercial.

În R. F. G., firma Bayer, constrînsă de montarea unor cazane de abur cu circulație forțată, de înaltă presiune, la care, pe lîngă degazare termică, nu se putea întrebuința sulfit de sodiu pentru degazarea chimică suplimentară, a inițiat în anii 1943–1944 tratarea suplimentară cu hidrazină a apei de alimentare pentru două cazane Löffler, 130 at, 60 t/h, 570°C.

La început s-a dozat în apa de alimentare 1–2 mg N_2H_4/l, pentru ca apoi doza să se mărească, urmărindu-se cantitatea de hidrazină care pleacă o dată cu aburul produs. Astfel s-au găsit în:

— apa de alimentare	6 mg/l N_2H_4,
— apa de cazan	1,4 mg/l N_2H_4,
— condensat	0,7 mg/l N_2H_4,

ceea ce probează că, deși dozarea hidrazinei a avut loc în apa de alimentare, ea s-a răspîndit în întreg circuitul termic.

Alte încercări s-au executat cu cazane Babcock, 125 at, 100 t/h, 525°C, în a căror apă de alimentare s-a dozat 0,2–0,3 mg N_2H_4/l, găsindu-se în apa de cazan o concentrație de 0,15–0,25 mg N_2H_4/l. De aici se poate trage concluzia că hidrazina nu se descompune în întregime, chiar la presiuni și temperaturi mari, ci se poate menține chiar în cazanele de înaltă presiune.

Specialiștii germani recomandă ca injecția de hidrazină să se facă în apa de alimentare a cazanelor , de preferință după degazarea termică și înaintea pompei de alimentare, cu care ocazie *p*H-ul apei de alimentare se va menține la o valoare mai mare de 8,5. Pentru ridicarea valorii *p*H-ului și pentru concomitenta legare a bioxidului de carbon se recomandă amoniacul.

Conținutul de hidrazină după pompa de alimentare și eventual în apa de cazan se va menține la 0,1–0,2 mg N_2H_4/l. Prin aplicarea tratamentului cu hidrazină și deci dispariția oxigenului corosiv, noțiunea ,,alcalinitate de protecție'' își pierde sensul, și în acest fel se pot realiza economii importante de chimicale.

Metode de analiză

Metodele de analiză calitativă uzitează, pe de o parte, proprietatea hidrazinei de a reduce soluția amoniacală de azotat de argint, dînd un precipitat negru de argint sau chiar o oglindă metalică, iar pe de altă parte proprietatea de a da o reacție de culoare cu clorura de picril, dînd colorații cuprinse între galben și roșu.

Metodele de analiză cantitativă pentru hidrazină se pot clasifica în două grupe importante:

a) metode iodometrice,

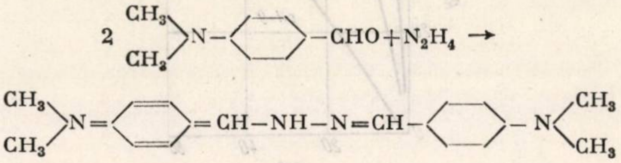
b) metode colorimetrice, bazate pe utilizarea *p*-dimetil-amino-benzaldehidei.

Metodele iodometrice se bazează pe faptul că hidrazina în mediu neutru sau slab alcalin reduce I_2 la I^-, conform reacției:

$$I_2 + N_2H_4 \rightarrow 4HI + N_2.$$

Această metodă dă rezultate bune numai la cantități mai mari de hidrazină (>1 mg N_2H_5/l) și în absența fenolilor, zaharurilor, sulfiților și a compușilor humici, care dau reacții similare. Pentru realizarea unui $pH = 7 - 8$, după unii autori se adaugă fosfat disodic, alții recomandă însă bicarbonatul de sodiu. Titrarea se face cu o soluție de iod *n*/100 din care 1 ml titrează 0,08 mg N_2H_4.

Pentru concentrații mai mici se întrebuințează metodele colorimetrice, bazate pe proprietatea ce o are *p*-dimetil-amino-benzaldehida de a da în soluții apă-alcool, în prezența hidrazinei, o combinație chinoidică colorată în galben-roșu, ce se stabilizează după un repaus de 10 minute.



Deoarece această reacție este specifică și foarte sensibilă, ea se pretează la determinarea fotometrică a concentrațiilor de hidrazină. În lipsa unui fotocolorimetru, putem întrebuința o metodă colorimetrică vizuală. Determinarea este stînjenită de prezența ureei și a semicarbazidei. Pentru a mări sensibilitatea metodei, specialiștii sovietici aplică extracția compusului galben format, cu alcool butilic sau izobutilic, putîndu-se determina concentrații pînă la 0,002 mg N_2H_4/l cu o eroare de $\pm 20\%$. Prin această metodă se vor analiza numai conținuturi de maximum 0,03–0,04 mg N_2H_4/l.

Etaloanele se prepară dintr-o soluție de bază ce conține 5 mg N_2H_4/l prin diluări corespunzătoare, cu apă distilată lipsită de oxigen.

Articole apărute între anii 1959 și 1962 în domeniul tratării apei industriale

1959

Gotrovski, Cerouva, Aseeva. *Experiența exploatării instalațiilor de demineralizare.* Teploenerghetika **6**, 1959, nr. 2 (febr.) p. 69—79.

Skrob, M. S. *Studiul tratării apei în centralele de mare putere în U.R.S.S. și perspectivele de dezvoltare.* Electriceskie stanții, 1959, nr. 1, p. 17—21.

Buhman, G. D. și Tueva, A. A. *Preîntîmpinarea pătrunderii oxigenului în condensatul turbinei.* Electriceskie stanții, 1959, nr. 6.

Turovski, A. P. *Dispoziția interioară și instalație de separare la cazanele cu un singur tambur din centralele termoelectrice de presiune înaltă.* Energomașinostroenie **5**, 1959, nr. 10 (oct.), p. 19—23.

Neuberger, G. *Încercări termochimice la un cazan cu parametri ridicați.* I.D.T., 1959.

Neuberger, G. *Despre hidrazina și utilizarea ei la tratarea apei de alimentare a cazanelor de înaltă presiune.* Energetica **VII**, 1959, nr. 10 (oct.), p. 422—427.

Sabău, I. *Contribuție la determinarea rațională a domeniilor de funcționare corectă a vaporizării în trepte.* Energetica **7**, 1959, nr. 3 (martie), p. 106—109.

Sabău, I. *Experiențe din exploatarea cazanelor cu vaporizare în trepte.* Energetica **7**, 1959, nr. 7 (iul.), p. 309—310.

Stanisavlievici, L. *Vaporizarea în două trepte.* Mitt. VGB, 1959, nr. 58 (febr.), 15—21.

Stanisavlievici, L. *Tendințe actuale în tratarea apei pentru cazane de presiune foarte înaltă.* Energetica **7**, 1959, nr. 9 (aug.), 390—393.

Stanisavlievici, L. *Conținutul în fier și cupru al apei de alimentare a cazanelor în domeniul presiunilor înalte.* Energie **11**, 1959, nr. 12 (dec.), p. 581—582.

Stanisavlievici, L. *Filtre ionice cu pat mixt pentru cazane industriale.* Tehnica nouă **VI**, 1959, nr. 230 (oct.).

Hamer, P. *Metode actuale pentru tratarea apei de alimentare la cazanele de presiune înaltă.* Engineering and Boiler House Review **74**, 1959, nr. 12 (dec.), p. 368—371.

* * * *Metodă originală de tratarea apelor impurificate pe baza șocului electric.* Chimie et Industrie **82**, 1959, nr. 6 (dec.), p. 826.

Richter, A. *Stadiul tehnicii generatoarelor de abur.* Mitt. VGB, H. **60**, 1959, p. 160—166.

Heituann, N. G. *Curățirea chimică a cazanelor Benson.* Mitt. VGB, H. **62** (oct.), 1959, p. 319—334.

* * * *Folosirea fosfatului tripotasic pentru diminuarea efectului hide-out.* Mitt. VGB, H. **62** (oct.), 1959, p. 383—384.

Pika, L. *Rugina magnetică și nemagnetică în cazanele de abur.* Mitt. VGB, H. **63** (dec.), 1959, p. 440.

* * * *Norme pentru cercetarea solvenților sau a agenților de decapare.* BWK, H. **11**, 1959, p. 132.

Hömig, H. E. *Bazele fizico-chimice ale chimiei apei de alimentare.* Vulkan Verlag, Essen, 1959.

Prachit, P. *Apa în exploatările energetice.* Energie **11**, 1959, nr. 11 (noiemb.), p. 514—526.

* * * *Dorwex — Schimbători de ioni.* New-York, 1959.

Former, H. C. și Applebaum, B. *Probleme legate de demineralizarea în pat mixt.* Proceedings of the American Porwer Conference, vol. 21, 1959.

Abrams, J. M., Stoneman, G. T. și Roberts, M. A. *Încercări cu schimbător anionic mediu bazic, ameliorat, pentru ape anormale.* Proceedings of the American Power Conference, vol. 21, 1959.

Ferrari, A. și Catanzero, E. *Un sistem nou pentru analiza chimică complet automatizată pentru apă și condensat în exploatările energetice.* Proceedings of the American Power Conference, vol. 21, 1959.

Richter, A. *Factorii care determină gradul de puritate a apelor complet demineralizate.* Technische Mitteilungen **52**, 1959, nr. 11 (noiembr.).

* * * *Rășini schimbătoare de ioni,* ediția a IV-a. British Drug. Homes Ltd., Londra, 1959.

Thompson, J. și Reents, A. C. *Schimbători de ioni cu viteze mari de filtrare.* Proceedings of the American Power Conference, vol. 21, 1959.

* * * *Deionizare în filtru cu pat simplu, cu viteze mari de filtrare.* Amberlite Engineering Report nr. 2 (aug.), 1959.

Génin, G. *Hidrazina și tratarea apelor de alimentare a cazanelor.* Chaleur et Industrie **40**, 1959, nr. 408 (iulie).

Pacolik, K. *Noile norme pentru apa de alimentare și apa din cazan.* VDJ, Zeitschrift **101**, 1959, nr. 10 (aprilie).

Samuel, T. *Coroziunea aliajelor feroase de către aburul supraîncălzit.* Corrosion et Anticorrosion **VI**, 1959, nr. (ian.).

* * * *Din studiul coroziunii. Coroziuni prin fragilizarea oțelurilor anticorosive în abur și în apă caldă.* Archiv für Energiewirtschaft **13**, 1959, nr. 11 (iunie), p. 429—432.

* * * *Coroziunea intragranulară și coroziunea sub tensiune.* Corrosion et Anticorrosion, 1959, nr. 12, și nr. 1, 1960.

Boie. *Degazarea apei de alimentare.* Energietechnik **9**, 1959, nr. 2 (febr.), p. 78—84.

Töller, W. *Controlul în exploatare al apei de alimentare și al apei de răcire.* Mittl. VGB, 1959 (febr.).

Schuman, B. *Tratarea și controlul apei de alimentare.* BWK **11**, 1959, nr. 4.

Frankerberg, T. T., Lloyd, A. G. și Corris, E. B. *Al doilea an de experiență în exploatare cu cazanul de presiune supercritică, la Phils.* Proceedings of the American Power Conference, vol. 21, 1959.

Williamson, J. D. și Andres, R. F. *Exploatarea și tratarea apei cazanului nr. 4 de la Tait.* Proceedings of the American Power Conference, vol. 21, 1959.

Levendiesky, J. A., Colise, V. J. și Megahon J. N. *Filtrarea condensatului ca parte a procedeului de tratare intensă a condensatului.* Proceedings of the American Power Conference, vol. 21, 1959.

Cookley, J. C. *Patru ani de experiență cu țevi de condensator din oțel inoxidabil.* Proceedings of the American Power Conference, vol. 21, 1959.

Wesly, W. *Desilicierea parțială în reactoare rapide, urmată de filtrare.* Mitt. VGB, 1959, nr. 58 (febr.).

Ulmer, R. C. *Defecțiuni pe partea de apă a țevilor cazanului.* Combustion **31**, 1959, nr. 2 (aug.), p. 47—51.

Guzman, R. U. *Coroziuni datorite CO_2 în conducte de condensat.* Power Engineering **63**, 1959, nr. 11 (noiembr.).

Sprote, K. *Coroziuni în conducte de condensat.* Energie **11**, 1959, nr. 12 (dec.), p. 583—585.

1960

Skrob, M. S. și Sapkin, T. F. *Conferința tehnico-științifică asupra tratării apei fără reactivi.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 1, p. 94—96.

Akolzin, P. A. și Mihailova, N. M. *Tratarea apei cu hidrazină pentru protecția metalului împotriva coroziunii.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 7, p. 59—64.

Kagon, D. J. și Kaganer, T. A. *Tratarea cu hidrazină a apei de alimentare a cazanelor TP 240-I de presiune supracritică.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 1, p. 46—49.

Prahorov, F. G. și Kurskaia, T. A. *Domeniile de aplicare a diferiților cationiți.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 3, p. 23—30.

Larionov, D. P. *Considerații asupra automatizării instalațiilor de tratare a apei.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 10, p. 52—57.

Stirikovici, M. A., Serov, E. P. și Smirnov, O. K. *Cercetări asupra calității aburului cazanelor monotubulare la presiuni supracritice, în funcție de compoziția apei de alimentare.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 1, p. 30—33.

Deev, I. T., Bakeev, A. V. și Kosaințev, A. V. *Din experiența de exploatare a instațiilor de demineralizare.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 1, p. 37—42.

Šobolev, B. N., Kostrikin, U. N. şi Mankina, N. N. *Despre reacţia hidrazinei cu oxidul de fier.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 6, p. 92–93.

Gurvici, L. S. şi Prohorov, F. G. *Creşterea gradului de utilizare a anioniţilor în instalaţiile de demineralizare a apei.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 1, p. 42–45.

Kagon, D. J. şi Kaganor, T. A. *Cercetări asupra metodelor noi de protecţie împotriva coroziunii echipamentului în rezervă.* Teploenerghetika **7**, 1960, nr. 1, p. 55–59.

Mankina, H. N., Tkacenko, A. G. şi Buinovskaia, L. G. *Metoda de cercetare a procesului de formare a depunerilor de oxizi de fier pe interiorul suprafeţelor de încălzire, la cazanele de presiune înaltă.* Teploenergetika 1960, nr. 9 (sept.), p. 30–34.

Peskovoy, B. T. *Instalaţie pentru măsurarea concentraţiei acidului silicic în abur şi în apa de alimentare.* Teploenerghetika **10**, 1960, nr. 2 (febr.), p. 87–88.

Nejelski, F. T. *Perfecţionarea dispozitivelor de spălare a cazanelor.* Energhetik **8**, 1960, nr. 4 (apr.), p. 15–18.

Zubritki, K. V. *Determinarea substanţelor organice în apele industriale.* Zavodskaia laboratoriia **26**, 1960, nr. 9 (sept.), p. 1083.

Tagher, S. *Despre cauza capacităţii mari de absorbţie a răşinilor schimbătoare de ioni.* Vîsokomolekulearnîe soedinenia, 1960, nr. 7 (iul.), p. 997–1000.

Mittelsteiner, M. *Un alt procedeu pentru eliminarea durităţii temporare a apei.* Energietechnik **10**, 1960, nr. 3 (mart.).

Neuberger, G. *Scheme moderne de epurare a apei de adaos pentru cazane*, I.D.T., 1960.

Stanisavlievici, L. *Aplicaţii ale radioizotopilor. Tratarea apei pentru exploatările industriale.* Tehnica nouă **VII**, 1960, nr. 242 (ian.).

Stanisavlievici, L. *Spălarea acidă a cazanelor de presiune înaltă.* Energetica **VIII**, 1960, nr. 4 (apr.), p. 184–185.

Stanisavlievici, L. *Demineralizarea apei şi vaporizarea în trepte.* Energetica **VIII**, 1960, nr. 8 (aug.), p. 375–377.

Stanisavlievici, L. *Eliminarea silicei prin procedee chimice din apa de alimentare a cazanelor.* Chaleur et Industrie **41**, 1960, nr. 416 (mart.), p. 78–82.

Stanisavlievici, L. *Consideraţii asupra metodelor care permit fixarea regimului optim al apei pentru cazanele de presiune înaltă.* Chaleur et Industrie **41**, 1960, nr. 421 (aug.), p. 230–232.

Stanisavlievici, L. *Tratarea apei pentru vaporizatoare.* Energie **12**, 1960, nr. 12 (dec.). p. 549–551.

Stanisavlievici, L. *Regimul apei pentru cazane de presiune foarte înaltă.* Consfătuire I.S.C.I.R.Bucureşti, sept.1960.

Takeo Takahashi, Shingo, Miyake. *Determinarea titrimetrică a silicei solubile ca acid silicomolibdenic.* Talanta, 1960, nr. 1, p. 1–7 (dosar IDT 62383).

Karzmann, G. E. *Tehnica dozării în prepararea apei.* Wasser, Luft und Betrieb, 1960, nr. 2, p. 31–34 şi nr. 3, p. 65–68.

Pinnegan, T. *Controlul automat al conţinutului de silice din apa de cazan, cu presiunea de* 185 *ata.* Power Engineering **64** 1960, nr. 5 (mai), p. 58–59.

* * * *Condiţiile de pătrundere a oxizilor de fier în cazan şi metodele de preîntîmpinare.* Buletinul de energetică, 1960, nr. 4.

Kroipa, P. *Consideraţii asupra calculului filtrelor rapide.* Wasserwirtschaft-Messtechnik, 1960, nr. 10, p. 310–319.

Zimmermann, M. şi Stocmeier, L. W. *Determinarea conţinuturilor mici de cloruri în apă.* Mitt. VGB, 1960, nr. 66 (ian.).

Labon. H. *Tehnologia degazării termice.* Mitt. VGB, 1960 nr. 67 (aug.).

Moyat, P. *Aparate de măsură înregistratoare pentru analiza continuă a apei.* Mitt. VGB, 1960, nr. 67 (aug.).

* * * *Titrarea electrometrică a hidrazinei cu sulfat de ceniu.* Fresenins Zeitschrift aval. Chemie IX, 1960, nr. 1, p. 36–41.

Heinrich, K. *Schimbători de ioni în procedeele tehnologice moderne.* Partea I-a, VDI Zeitschrift **102**, 1960, nr. 22 (aug.), p. 1061–1067.

Fuhrmann, N. *Supravegherea analitică a circuitului apă-abur în centralele de înaltă presiune, prin aparate de măsură automate.* Mitt. VGB, 1960, nr. 67 (aug.).

Hömig, H. E. *Posibilităţi de folosire a filtrării cu suport poros la tratarea apei.* Mitt. VGB, 1960, nr. 68 (oct.).

Frisch, N. W. şi Kanins, R. *Impurificarea organică a schimbătorilor anionici.* Journal Am. Water Works Ass. **52**, 1960, nr. 7 (iulie), p. 875–887.

Riggs, O. L. *Influenţa pH-ului asupra coroziunii provocate de oxigen, la presiuni înalte.* Corrosion **16**, 1960, nr. 6 (iunie), p. 94–98.

Kirsch, M. *Cercetări mineralogice asupra depunerilor de pe paletajul turbinelor.* Mitt. VGB, 1960, nr. 69 (oct.), p. 375–384.

Karapkat, H. *Cercetări asupra acizilor humici în instalaţiile cu schimbători de ioni.* Mitt. VGB, 1960, nr. 67 (aug.), p. 242–248.

Hömig, H. E. *Noile norme pentru conţinutul în silice al apei din cazan.* Mitt. VGB, 1960, nr. 66 (iunie).

Stange, E. şi Kiekenberg, H. 15 *ani de experienţă cu regim neutru în circuitul apă-abur al centralei termice.* Mitt. VGB, 1960, nr. 69 (oct.), p. 389–392.

Sontheimer, H. *Tehnica procesului de floculare şi sedimentare.* Mitt. VGB, 1960, nr. 69 (oct.), p. 392–398.

Bosselmann, W. *Degazorul mecanotermic.* Mitt. VGB, 1960, nr. 66 (iunie).

Gubin, A. *Limitele determinării fosfatului după metoda Kuhn şi Bochum.* Mitt. VGB 1960, nr. 66 (iunie).

List, H. şi Bierbaum, H. *Dozarea semi- şi complet automată a reactivilor.* Mitt. VGB, 1960, nr. 69 (oct.), p. 398–406.

* * * Documentatie Zerox (*Hidrazina*) *Fisons Chemicals.* Londra, 1960.

Vyhvolak, H. J. şi Banks, C. D. *Experienţa exploatării privind tratarea apei la pornirea şi în perioada iniţială a unităţii supercritice de la Avan.* Electric Iluminating. Chicago S.U.A., 1960.

Dick, I. A. şi Silliman, P. L. *Încercările de la Co. Edison cu viteze mari de trecere la demineralizarea apei.* Power **104**, 1960, nr. 1 (ian.), p. 78–81.

* * * *Pierdere de presiune prin filtre cu pat mixt şi pat separat încărcate cu răşini Nalcite.* Combustion **32**, 1960, nr. 1, p. 5.

Frisch, N. W. şi Kouin, R. *Cinetica demineralizării prin pat mixt.* Am Journal Ch. Eng., dec. 1960.

Bacon, H. E. şi Lewis, W. J. *Interferenţa impurităţilor organice în procesele de schimb ionice; condiţii, prevenire şi costuri.* Combustion **32**, 1960, nr. 1.

Schultes. *Noi procedee pentru determinarea durităţiir* Energie **12**, 1960, nr. 3 (mart.).

* * * **12** *ani de experienţă cu circuit neutru de apă-abur* Energie **12**, 1960, nr. 9 (sept.).

Geisler, Th. *Cazane de abur încălzite cu păcură şi cu praf de cărbune ale unei centrale mari de termoficare finlandeză.* Energie **12**, 1960, nr. 11 (noiembrie)

Flament, Ed. *Exploatarea instalaţiei de tratare a apei de adaos a centralelor grupului Oise.* Chaleur et Industrie **41**, 1960, nr. 421 (aug.).

Prée, W. *Tratarea apei pentru cazane în centrala de termoficare Wels.* OZE **13**, 1960, nr. 8 (aug.).

Tucker, R. C. *Analizator portabil pentru oxigen.* Power **104**, 1960 nr. 2 (febr.).

Barletta, G. *Curăţirea chimică a marilor generatoare de abur, cu referire în particular asupra spălării cazanelor de la centrala de la Bari.* La termotechnica, 1960, nr. 12 (dec.), p. 551–556.

Gondoli, U. *Demineralizarea totală în tratarea apei de adaos în centralele termice moderne.* La Termotecnica XIV, 1960.

1961

Svetova, V. P. *Indicii tehnologici ai instalaţiei industriale pentru demineralizarea condensatului.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 4 (apr.), p. 7–10.

Prohorov, F. G. şi Gurevici, L. S. *Caracteristicile instalaţiilor pentru tratarea apei de la centralele electrice care se vor construi în septenal.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 4 (apr.), p. 3–6.

Martinova, O. Z. *Unele probleme privind organizarea regimului apei la centralele atomoelectrice americane.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 4 (apr.), p. 82–84.

Sabotina, N. P. *Despre folosirea H-cationării cu regenerare intensivă, în schemele de demineralizare a apei.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 5 (mai), p. 71–76.

Prohorova, A. M. *Restabilirea capacităţii de schimb a anioniţilor puternic bazici.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 5 (mai), p. 66–70.

Zenkovici, A. *Încercări termochimice ale cazanelor cu circulaţie naturală şi ale turbinelor de presiune înaltă.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 4 (apr.), p. 12–15.

Kveatovski şi alţii. *Dozarea automată a reactivilor în instalaţiile de tratarea apei din centralele electrice.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 4 (apr.), p. 15–18.

Boloşiv, B. G. şi Hirak, F. I. *Cercetări asupra coroziunii acide a oţelului carbon.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 7 (iul.), p. 41–44.

Mankina, N. M., Maier, L. A. şi Kabuşkaya, T. M. *Controlul în exploatare a hidrazinei.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 6 (ian.), p. 62–64.

Kot, A. A., Dejekva, S. W. şi Psemenski, A. A. *Despre solubilitatea cuarţului, a silicei şi a silicatului de sodiu în aburul supraîncălzit.* Elektriceskie stanţii **32**, 1961, nr. 3 (mart.).

Akalsin, P. A., *Koroljeiv*, N. I. şi alţii. *Evitarea coroziunii prin amine.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 3 nr. 3 (mart.), p. 49–52.

Loşoc, B. O. *Schimbarea normelor tehnologice în prescripţiile noi de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice.* Energhetik 1961, nr. 6 (iun.).

Subatina, N. P. *Despre regenerarea „flămîndă" a filtrelor H-cationice în instalaţiile de demineralizare.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 5.

Babkin, R. L. *Din experienţa introducerii controlului analitic pe bază fizico-chimică în procesul de demineralizare a condensatului.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 8, p. 52–56.

Kostrikin, O. M. şi alţii. *Încercarea amestecătoarelor într-o schemă de coagulare a apei.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 11, p. 59–61.

Gurvici, S. M. şi Sterberg, M. L. *Schimbul de ioni din contracurent.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 12, p. 66–67.

Grişuk, T. R. *Mecanismul îmbogăţirii condensatului aburului în oxigen, absorbit din condensatorul turbinei.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 3, p. 40–46.

Zenkevici, U. V. şi Ariel, S. J. *Încercări termochimice la un cazan monotubular şi o turbină de înaltă presiune.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 4, p. 12–15.

Manet, A. P. *Despre alcalinitatea relativă a apei de cazane.* Elektriceskie stanţii, 1961, nr. 4, p. 34–36.

Jidilova, L. M. şi alţii. *Indicator automat al durităţii apei.* Elektriceskie stanţii, 1961, nr. 4, p. 40–44.

Kagon, D. J. şi Daşkina, R. I. *Experienţa dozării amoniacului în apa de alimentare în centralele termice.* Elektriceskie stanţii, 1961, nr. 9, p. 44–47.

Molceadiski, M. T. *Regenerarea filtrelor cationice în ciclul Na şi NH_4CH.* Energhetika, 1961, nr. 4, p. 27.

Lebedev, S. A. şi Lisena, V. P. *Curăţirea acidă a economizorului cazanului.* Energhetitika, 1961, nr. 4, p. 13.

Harton, Legahva. *Problema desilicierii apei din Neva prin absorbant magnezian.* Teploenerghetika **8**, 1961, nr. 4 (apr.), p. 10–11.

Hochmuth, A. *Dezvoltarea noilor mijloace pentru prepararea termică a apei în centrale şi aplicarea lor în proiectare.* Energietechnik, 1961, nr. 3 (mart.).

Neuberger, G. *Cercetări cu privire la alimentarea cazanelor Iprom cu apă epurată şi condensat.* I.D.T., 1961.

Neuberger, G. *Metode noi de curăţire şi împiedicarea formării depunerilor la condensatoarele turbinelor cu abur.* IDT, 1961.

Nicoleanu, I. *Îmbunătăţiri tehnice la instalaţiile apei de adaos la CTE Fîntînele şi efectul lor asupra pierderilor de apă.* Energetica **9**, 1961, nr. 9 (sept.).

Stanisavlievici, L. *Demineralizarea totală a apei, Principiile controlului în exploatare.* Energetica **9**, 1961. nr. 6 (ian.), p. 242–245.

Stanisavlievici, L. *Filtre ionice cu viteze de filtrare foarte mari.* Tehnica nouă VIII, 1961, nr. 12 (mart.).

Seyb, E. *Prepararea apei, în special prin schimb ionic.* Technische Uberwachung, 1961, nr. 2 (febr.), p. 215–222.

Herz, G. F. *Influenţa substanţelor organice asupra schimbătorilor anionici ai instalaţiilor de demineralizare.* Technische Uberwaschung, 1961, nr. 3 (mart.), p. 77–84.

Leicher, W. *Experienţa din exploatarea de patru ani a unei instalaţii de demineralizare totală.* Technische Uberwachung **3**, 1961, nr. 3 (mart.).

Richter, A. *Comportarea schimbătorilor anionici în instalaţiile de demineralizare totală.* Technische Uberwachung **3**, 1961, nr. 3 (mart.), p. 89–94.

Busch, H. *Capacitatea şi durabilitatea schimbătorilor anionici slab bazici.* Mitt. VGB, 1961, nr. 75 (dec.), p. 383–386.

Gatermann, K. *Regimul apei la cazanele din fabricile de zahăr.* Die Zuckerzeugung, 1961, nr. 2 (febr.), p. 43–44.

* * * *Controlul instalaţiilor de demineralizare.* Mitt. VGB, 1961, nr. 70, p. 68–69.

* * * *Avarie la supraîncălzitorul unui cazan cu ţevi de radiaţie verticale* Der Maschinenschaden **34**, 1961, nr. 3 – 4 (apr.), p. 55–58.

Borsig, F. şi Bucholz, D. *Avarii la cazane datorite insuficienţei tratării apei.* Der Maschinenschaden **34**, 1961, nr. 5–6 (iunie), p. 65–73.

* * * *Cercetări asupra instalaţiilor de decarbonatare rapidă cu var.* Mitt. UGB, 1961, nr. 75 (dec.), p. 466–447.

Şütz, R. *Măsurarea pH-ului în apa demineralizată.* BWK **13**, 1961, nr. 6 (ian.), p. 270–273.

Herre, E. *O metodică nouă de analiză pentru cercetarea condensatelor cu ajutorul schimbătorilor de ioni.* Mitt. VGB, 1961, nr. 75 (dec.), p. 392–397.

Génin, G. *Tratarea apelor prin cîmp magnetic.* Chaleur et Industrie **435**, 1961, nr. 42 (oct.), p. 291.

* * * *Norme pentru recepţionarea instalaţiilor de demineralizarea apei de alimentare a cazanelor de abur.* La Termotechnica, 1961, nr. 9 (sept.), p. 495–498.

Herre, E. *Despre determinarea colorimetrică a fierului în condensat.* BWK **13**, 1961, nr. 10 (oct.), p. 456–459.

* * * *Autoxidarea schimbătorilor anionici.* Mitt. VGB, 1961, nr. 72 ((iunie), p. 214–215.

Kurapkat, H. şi Walter, E. *Influenţa dispersiunilor coloidale asupra calităţii apei şi aburului.* Mitt. VGB, 1961, nr. 72 (iunie), p. 163–170.

Flitsma, R. *Solubilitatea silicei în abur.* Mitt. VGB, 1961, nr. 72 (iunie), p. 170–176.

Weisberger, P. şi Kosfald, E. G. *Contribuţie la teoria şi practica determinării titrimetrice a acidului carbonic şi a sărurilor sale* Mitt. VGB, 1961, nr. 72 (ian.), p. 176–180.

Herre, E. *Adaosul de fosfaţi condensaţi ca protecţie împotriva coroziunii şi a formărilor de depuneri în instalaţiile de apă caldă.* Mitt. V.G.B., 1961, nr. 71 (apr.), p. 90–99.

Hömig, H. E. şi Kirsch, H. *Comportarea silicei în circuitul de presiune înaltă.* Mitt VGB, 1961, nr. 73 (aug.), p. 252–260.

Marks, R. H. *Analize automate ale apei.* Power **105**, 1961, nr. 7 (iul.), p. 59–63.

Dickels, K. *Îndepărtarea acizilor humici, a fierului şi a uleiului din schimbătorii de ioni.* Energie **13**, 1961, nr. 10 (sept.), p. 391.

Kingsbury, A. W. I. şi Phillips, E. L. *Proiectarea degazoarelor cu vid.* Transactions ASME, Seria A, 1961 (oct.)

Pell, R. H. *Performanţele turbinelor din oţel inoxidabil pentru condensatoare.* Transactions ASME, Seria A, 1961 (oct.).

Klein, H. A. *Dispozitive pentru spălarea aburului la cazane din centrale.* Transactions ASME, Seria A, 1961 (oct.).

Heitmann, H. G. *Metode germane de spălare acidă a cazanelor de presiune înaltă.* Transactions ASME, Seria A, 1961 (oct.).

Ashter, W. F. şi Stanley, M. R. *Spălarea acidă a supraîncălzitoarelor și a preîncălzitoarelor.* Transactions ASME, Seria A, 1961 (oct.).

Martinola, Fr. *Schimbătorii de ioni și aplicațiile lor tehnice.* Galvanotehnik **52**, 1961, nr. 4 (extras).

Lauth, H. *Experiență nouă cu schimbători de ioni la demineralizarea apei.* Wasser, Luft und Betrieb **5**, 1961, nr. 7 (iul.).

Wiedemann, H. P. *Apa în industria textilă.* Melliand Textilbericht **42**, 1961, nr. 2.

Galster, H. *Contribuție la teoria decarbonatării.* Mitt. VGB, 1961, nr. 71 (apr.), p. 99–104.

Gräfen, H. *Despre electrochimia coroziunii, în special a coroziunii locale și a coroziunii sub tensiune.* Mitt. VGB, 1961, nr. 73 (aug.), p. 280–289.

Hömig, H. E. *Apa de alimentare și apa din cazan pentru cazane încălzite cu păcură.* Mitt. VGB, 1961, nr. 73 (aug.), p. 303–304.

Samuel, T. *Îndepărtarea silicei din cazane noi.* Mitt VGB, 1961, nr. 71 (apr.), p. 104–108.

Neat, F. V. *Relația dintre apa de alimentare și starea de curățenie a cazanelor.* Combustion **32**, 1961, nr. 9 (mart.), p. 35–42.

Emerson, A. G. D. şi Jarett, F. R. *Dezvoltarea tratării apei de alimentare a cazanelor.* The Steam Engineer **30**, 1961, nr. 351–353.

Iakob, F. *Probleme și experiențe din exploatare cu reglarea cazanelor cu trecere forțată.* Mitt. VGB, 1961, nr. 71 (apr.).

* * * *Experiența exploatării cu hidrazină într-o centrală termică.* Mitt. VGB, 1961, nr. 71 (apr.).

Wilson, R. A. *Cauzele coroziunii în spațiul de abur al condensatorului.* Power Engineering 1961, nr. 47 (febr.), p. 57–59.

Rice, J. K. *Spălarea acidă repetată a cazanelor.* Combustion **33**, 1961, nr. 1 (iul.), 45–49.

Engle, J. P. *Avantajele unui solvent unic pentru îndepărtarea simultană a oxizilor de cupru și de fier.* Combustion **33**, 1961, nr. 2, p. 41–44.

Colomb, P. *Tratarea chimică și controlul instalațiilor pentru cazane și al sistemelor de răcire.* Neue Zürche Zeitung, Anexa tehnică, 1961, nr. 4544 (noiembr.).

Gerrard, W. F. *Tratarea apei pentru industrie.* Thestean Engineer **31**, 1961–1962, nr. 361, p. 362–363.

Klump, W. şi Boltrop, W. *Experiențe din exploatare cu instalații de demineralizare totală.* Mitt. VGB, 1961, nr. 75 (dec.), p. 386–388.

List, H. şi Tregl, I. *Principii în conectarea instalațiilor de demineralizare totală.* Vulkan Verlag, Essen, 1961.

Richter, A. *Factori care determină puritatea apelor total demineralizate.* Vulkan Verlag, Essen, 1961.

1962

Klapova, A. N. ş.a. *Despre interacțiunea chimică a oțelului cu hematita în fază solidă.* Teploenerghetika nr. 1, 1962, p. 40–44.

Zenkevici, U. V. şi Ariel, I. J. *Experiența aplicării salinometrelor* TKTI. Teploenerghetika nr. 1, 1962, p. 36–40.

Hofman, I. N. *Despre limpezirea apei tratate cu var în schema de epurare chimică.* Electriceskie stanţii nr. 5. 1962, p. 24–26.

Vinarski, R. L. *Protecția împotriva coroziunii a instalației de tratarea apei.* Elektriceskie stanţii nr. 5, 1962, p. 19–21.

Mihelson, V. I. *Despre coroziunea metalului cazanului sub stratul de depuneri.* Electriceskie stanţii nr. 5, 1962, p. 12–14.

Akolzin, P. A. *Preîntîmpinarea cumulării produselor de coroziune în cazanele de abur.* Electriceskie stanţii nr. 3, 1962, p. 14–17.

Mankina, N. N. *Condiții de formare a depunerilor și mijloacele de preîntîmpinare.* Electriceskie stanţii nr. 2, 1962, p. 13–16.

Kiseleva, L. V. *Determinarea directă a conținutului de zinc în condensat.* Elektriceskie stanţii nr. 1, 1962, p. 80–80.

Mankina, N. N. şi Sobolev B. N. *Mecanismul acțiunii hidrazinei la procesul formării depunerilor de oxizi de fier.* Teploenerghetika nr. 3, 1962, p. 51–56.

Litvinoka, N. S. *Determinarea durității apei în prezența aluminiului.* Teploenerghetika nr. 3, 1962, p. 46–48.

Rotştein, V. P. şi Semiakin, V. N. *Determinarea colorimetrică a cantităților mici de oxigen dizolvate în apă.* Teploenerghetika nr. 2, 1962, p. 54–56.

Babkin, R. L. şi Epeikina, C. P. *Determinarea oxigenului dizolvat în apă.* Teploenerghetika nr. 2, 1962, p. 48–54.

Stanisavlievici, L. *Principii cu privire la tratarea apei în centralele electrice de termoficare.* Energie **14**, 1962, nr. 7 (iul.), p. 256–259.

Stanisavlievici, L. *Scheme cu schimbători de ioni pentru demineralizarea apei.* Tehnica nouă IX, 1962, nr. 9 şi 10 (febr.) şi (mart.).

Stanisavlievici, L. *Fenomenul dispariției temporare a sărurilor din apa cazanelor.* Energetica 10, 1962, nr. 3 (mart.), p. 121–122.

Ungureanu, C. *Alcalinizarea cu amoniac a apei de alimentare pentru prevenirea coroziunii la cazanele de înaltă presiune.* Energetica **10**, 1962, nr. 10 (oct.), p. 420–424.

* * * *Noile norme pentru apa de alimentare și apa din cazan pentru cazane cu țevi fierbătoare.* Mitt. VGB, 1962, nr. 76 (febr.), p. 1–3.

Kretzer, R. *Trebuie decapate cazanele mari?* Mitt. VGB, 1962, nr. 77, p. 83–86.

Resch, H. şi Odenthal, G. *Coroziuni ale fierului cauzate de condensatul conținînd oxigen.* Mitt. VGB, 1962, nr. 76 (febr.), p. 4–12.

Hömig, H. E. *Coroziunea fierului.* Mitt. VGB, 1962, nr. 76 (febr.), p. 12–16.

Potter, E. C. *Concepții noi privind reacția dintre oțel și apă la temperaturi înalte.* Mitt. VGB, 1962, nr. 76 (febr.), p. 19–23.

Pfefferkorn, G. şi Vohl, J. *Analiza electronoptică a straturilor de oxizi de pe țevile din cazan.* Mitt. VGB, 1962, nr. **76** (febr.), p. 23–31.

Bohnsack, G. *Cercetări asupra comportării schimbătorilor anionici față de acizii humici.* Mitt. VGB, 1962, nr. **76** (febr.).

Schumann, E. *Cercetări asupra conținutului maxim admis de silice în cazanele de presiune medie.* Mitt. VGB, 1962, nr. 76 (febr.), p. 58–61.

Alfano, S. *Comportarea metalului cazanelor la temperaturi înalte și pH ridicat.* Power Engineering **66**, 1962, nr. 3 (mart.), p. 49–51.

Bladholm, F. F. *Evitarea coroziunii rezervoarelor pentru apa demineralizată, prin aplicarea unui strat de rășini apoxifenolice.* Power Engineering **66**, 1962, nr. 4 (apr.), p. 60–61.

Hannig, H. *Tratarea apei de alimentare.* BWK **14**, 1962, nr. 4, (apr.), p. 176–177.

Wickert, K. *Murdăriri și coroziuni la cazane încălzite cu praf de cărbuni.* Energie **14**, 1962, nr. 4 (apr.), p. 130–136.

Alfano, S. *Spălarea sistemului din fier folosind acid citric amoniacal.* Combustion **33**, 1962, nr. 11 (mart.), p. 17–24.

Gilbert, Pt. *Factori care influențează comportarea țevilor de condensatoare și de schimbătoare de căldură.* Chem et Ind. 1962 nr. 28.

Negulescu, L. *Îndrumător pentru tratarea și controlul apei la cazanele de abur.* I.D.T. Bucureşti, 2 volume, 1962.

Специальный номер посвященный совещанию на тему: ,,Режим воды в паровых котлах с высокими параметрами на электростанциях'', организованному Котлонадзором, Дирекцией Электроэнергией и Министерством горной и электроэнергетической промышленности в Бухаресте, 25—27 октября 1962 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.187.12 : 621.311.22(063)

Работы совещания на тему: ,,Режим воды в паровых котлах с высокими параметрами на электростанциях'', Бухарест, 25—27 октября 1962 г.

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 57–58

ДК 621.187.12.621.311.22

Stanislavievici, L. : **Современные тенденции в области обработки воды для котлов**

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 59–60

ДК 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Negulescu, L. : **Современные концепции в установлении режима воды для паровых котлов с высокими и с верхвысокими параметрами**

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 61–63

ДК 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Fodor, C. : **Вопросы связанные с проектированием установок для деминерализации воды потребляемой электростанциями**

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 64–74

ДК 621.187.12 : 621.311.22

Neuberger, G. : **Некоторые аспекты химического режима воды на ТЕЦ**

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 74–77

ДК 621.187.12.001

Stanisavlievici, L. : **Уравновешивание ступеней в схемах деминерализации воды**

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 77–81

ДК 621.187.12.003

Condurache, E : **Изменение удержания углекислоты среднеосновными (полифункциональными) анионоизменителями**

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 81–84

ДК 621.187.12.003.15

Fendrihan, L. : **Опыт использования гидразина на термоцентрали Бразь**

Energetica, *11* (1963) № 2, стр. 84–88

ДОКУМЕНТАЦИЯ, стр. 89–92

Anlässlich der im Oktober 1962 von dem Staatlichen Inspektorat für Kessel und Hebeanlagen (ISCIR) und dem Departement für Elektroenergie aus dem Ministerium für Bergbau und Elektroenergie in Bukarest veranstalteten Tagung über die Wasserbedingungen bei Kraftwerkskesseln mit hohen Dampfzuständen herausgegebenes Sonderheft.

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.187.12 : 621.311.22(063)

Die Arbeiten der Tagung über das Thema ,,Wasserbedingungen bei Kraftwerkskesseln für Dampfzustände" Bukarest 25—27. Oktober 1962.

Energetica, *11* (1963) H. 2, S. 57–58

DK 621.187.12 : 621.311.22

Stanisavlievici, L. : **Derzeitige Bestrebungen bei Kesselspeisewasserbehandlung.**

Energetica, *11* (1963) H. 2, S. 59–60

DK 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Negulescu, L. : **Moderne Auffassungen bezüglich Festlegung der Bedingungen für Kesselspeisewasser für hohe und sehr hohe Dampfzustände.**

Energetica, *11* (1963) H. 2, S. 61–63

DK 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Fodor, C. : **Beim Entwurf Demineralisierungsanlagen für Kesselspeisewasser un Dampfkraftwerken auftretende Fragen.**

Energetica, *11* (1963) H. 2, S. 64–74

DK 621.187.12 :

Neuberger, G. : **Betrachtungen über die chemischen Wasserbedingungen bei Dampfkraftwerken.**

Energetica, *11* (1963) H 2, S. 74–77

DK 621.187.12 : 001

Stanisavlievici, L. : **Stufenangleichung in Entmineralisierungsschemas für Jesselspeisewasser.**

Energetica, *11* (1963) H. 2, S. 77–81

DK 621.187.12.003

Condurache, E. : **Schwankungen der Kohlensäurerückhaltung durch (poly-funktionale) mittel-basische anionische Austauscher.**

Energetica, *11* (1963) H. 2, S. 81–84

DK 621.187.12.003.15

Fendrihan, L. : **Betriebsergebnisse bei Hydrazin-Verwendung.**

Energetica, *11* (1963) H. 2, S. 84–88

DOKUMENTATION, S. 89–92

Numéro spécial consacré à la conférence sur „Le traitement de l'eau des chaudières à vapeur à paramètres élevés dans les centrales électriques", organisée à Bucarest le 25–27 octobre 1962, par L'Inspection d'Etat pour les chaudières et les dispositifs de levage et par le Département de l'Energie Electrique du Ministère des Mines et de l'Energie Electrique.

SOMMAIRE

CD 621.187.12 : 621.311.22(063)

Travaux de la conférence sur : „Le régime de l'eau des chaudières à vapeur à paramètres élevés dans des centrales électriques", Bucarest 25–27 octobre 1962.

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 57–58

CD 621.187.12 : 621.311.22

Stanisavlievici, L. : **Nouvelles tendances dans le traitement de l'eau des chaudières**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 59–60

CD 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Negulescu, L. : **Conceptions modernes sur le régime de l'eau des chaudières à vapeur à paramètres élevés et très élevés**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 61–63

CD 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Fodor, C. : **Problèmes concernant les projets d'installations de déminéralisation de l'eau dans les centrales thermiques**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 64–74

CD 621.187.12 : 621.311.22

Neuberger, G. : **Quelques aspects du régime chimique de l'eau dans les centrales thermiques**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 74–77

CD 621.187.12.001

Stanisavlievici, L. : **Equilibre des étages dans des schémas de déminéralisation de l'eau**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 77–81

CD 621.187.12.003

Condurache, E. : **Variation de l'adsorption d'acide carbonique par les échangeurs d'anions moyennement basiques (multifonctionnels)**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 81–84

CD 621.187.12.003.15

Fendrihan, L. : **Expérience acquise par l'utilisation d'hydrazine dans l'exploitation**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 84–88

DOCUMENTATION, p. 89–92

Special number devoted to the conference about „High parameter steam boilers water control in power stations" organised in Bucarest 25–27 October 1962, by the Electrical Energy Department of the Ministry for Mines and Electrical Energy and by the State Inspection for Boilers and Lifting Devices.

CONTENTS

DC 621.187.12 : 621.621.311.22(063)

Proceedings of the Conference on „High parameter steam boilers water control in power stations" Bucarest 25–27 October 1962

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 57–58

DC 621.187.12 : 621.311.22

Stanisavlievici, L. : **New trends in boiler water treatment**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 59–60

DC 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Negulescu, L. : **Modern conceptions about water control for boilers with high and very high parameters**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 61–63

DC 621.187.12 : 621.311.22.001.1

Fodor, C. : **Problems related to the design of water demineralization equipment in power plants**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 64–74

DC 621.187.12 : 621.311.22

Neuberger, G. : **Some aspects of chemical water control in thermal power plants**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 74–77

DC 621.187.12.001

Stanisavlievici, L. : **Stage equilibrium in water demineralization diagrams**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 77–81

DC 621.187.12.003

Condurache, E. : **Variation of carbon dioxide adsorption through medium basic anion exchangers (multifunctional)**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 81–84

DC 621.187.12.003.15

Fendrihan, L. : **Experience won by the use of hydrasine in the exploitation**

Energetica, *11* (1963) nr. 2, p. 84–88

DOCUMENTATION, p. 89–92

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS 1883

RECENZII

Cărți apărute între 1959 și 1962

SURAN, L. **Prepararea și analiza apei pentru cazanele de abur.** (Uprava a skusanie vody pre parné kotly). Editura Slovacă pentru literatură tehnică, Bratislava 1959, 428 p., 175 fig., 104 ref. bibl.

Cartea cuprinde două părți, prima referindu-se la prepararea apei, iar a doua la analizele apei de cazan.

În partea care cuprinde tratarea apei sînt expuse metodele de tratare cu referire la eliminarea impurităților în suspensie și a celor dizolvate.

Partea a doua cuprinde metodele de analiză pentru controlul chimic al apei și aburului din centralele termoenergetice.

Lucrarea prezintă interes pentru proiectanți și cei care exploatează instalații de tratare a apei.

HÖMIG, H. E. **Principiile fizico-chimice ale chimiei apei de alimentare.** (Physikochemische Grundlagen der Speisewasserchemie) Ediția I, Editura Vulkan Dr. W. Classen — Essen 1959 (Publicată sub auspiciile lui Vereinigung der Grosskesselbesitzer), 255 p., 70 fig.

Lucrarea cuprinde o culegere sistematică a principiilor teoretice ale chimiei apei de alimentare și se ocupă în prima linie de procesele fizico-chimice din circuitul apă—abur al centralelor de înaltă presiune.

Cartea este împărțită în opt capitole, cuprinzînd principalele probleme grupate în funcție de dependența între ele a fenomenelor.

Primul capitol cuprinde introducerea în calculele fizico-chimice a chimiei apei de alimentare.

Următoarele capitole conțin date cu privire la calculele posibile, fiind expuse numeroase formule și diagrame. Rezultatele obținute din diversele calcule sînt larg dezbătute.

Cartea prezintă un interes deosebit pentru tehnica generatoarelor de abur.

KOT, A. A. **Regimul apei la cazanele de abur.** (Vodnîi rejim parovîi kotlov). Gosudarstvennoe energheticeskoe izdatelstvo, Moscova, 1960, 288 p., 75 fig., 132 bibl. ref

Se expun cauzele depunerilor pe suprafețele interioare ale cazanelor de abur și ale impurificării aburului.

Metodele de combatere a deficiențelor cauzate de regimul necorespunzător al apei sînt descrise analizîndu-se procesele fizico-chimice care au loc în interiorul cazanelor.

Sînt analizate, de asemenea, fenomenele de coroziune și metodele de combatere a acestora.

Cartea se adresează specialiștilor în apă, din termocentrale, precum și din institutele de proiectări și cercetări.

STANISAVLIEVICI, L. **Analiza apei, a depunerilor și a reactivilor pentru tratarea apei, în exploatările energetice.** Editura ICSE, București, 1960 (editată la rotaprint), 272 p., 10 fig., 27 tabele.

Lucrarea este destinată să unifice în sectorul energetic metodele de analiză folosite la controlul regimului chimic al apei pentru cazane.

Prezentate sistematic, determinările sînt bazate pe tehnica nouă și țin seamă atît de exigențele specifice ale exploatării cît și de exactitatea rezultatelor care trebuie obținute. (Ediția tipărită, revizuită este în curs de apariție).

* * * **Manual pentru tratarea apei.** (Water Treatment Handbook) editat de Degramont — Acti, Paris, 1960, 561 p., 309 fig., numeroase tabele.

Lucrarea expune succint partea teoretică și, pe larg, realizările instalațiilor pentru tratarea apei potabile, a apei pentru alimentarea cazanelor și a apelor reziduale.

Numeroase tabele și scheme conferă utilitate practică lucrării. Figurile clare și sugestive prezintă interes în special pentru proiectanți.

SKROB, M. S. și PROHOROV, F. G. **Prepararea apei și regimul apei în electrocentralele cu turbine de abur.** (Vodopodgotovka i vodnîi rejim paroturbinik elektrostanții). Gosudarstvennoe energheticeskoe izdatelstvo, Moscova, 1961, 470 p., 324 fig.

Cartea analizează metodele noi de tratare și menținerea regimului apei de la cazanele din centralele electrice cu turbine de abur.

Un loc însemnat îl ocupă procesele fizico-chimice din interiorul cazanelor, explicîndu-se formarea depunerilor și cauzele impurificării aburului și dîndu-se metodele de combatere a acestor neajunsuri.

De asemenea se expun fenomenele de coroziune din instalațiile termoenergetice și căile de înlăturare a acestora.

Se dau metode moderne de îndepărtare a impurităților în suspensie și în soluție din apele destinate alimentării cazanelor de abur, pentru realizarea unei exploatări corecte și fără avarii.

Cartea se adresează inginerilor și chimiștilor din instalațiile termice și reprezintă un valoros ghid în munca acestora.

CZENSNY, R. **Chimia apelor, apelor reziduale și piscicolă.** (Wasser — Abwasser — und Fischereichemie) VEB Deutscher Verlag für Grundstaffindustrie, Leipzig, 1961, 429 p., 29 fig.

Cartea este împărțită în trei părți, prima parte referindu-se la teoria analizei chimice a apei, precum și la explicarea originii diferitelor impurități din apele naturale.

Partea a doua expune tehnica luării probelor de apă.

În ultima parte sînt expuse metodele de analiză a apelor naturale și industriale, precum și a depunerilor.

Cartea este prevăzută cu un apendice cuprinzînd numeroase tabele utile pentru tehnica determinărilor.

HÖMIG, H. E. **Metal și apă.** (Metall und Wasser). Editura Vulkan Dr. W. Classen-Essen, 1961 112 p., 16 fig.

Lucrarea se adresează tehnicienilor care nu posedă cunoștințe speciale în acest domeniu, ea servind uzului zilnic în exploatări. Diferitele capitole tratează despre coroziunea acidă, coroziunea galvanică, acțiunea oxigenului, pasivitatea metalului, coroziunea sub eforturi interne, coroziunea și acțiunea impurităților antrenate de către abur.

NEGULESCU, L. **Îndrumător pentru tratarea și controlul apei la cazanele de abur.** Vol. I., 72 p., 33 fig; vol. II, 98 p., 25 fig. I.D.T. București, 1962.

Lucrarea, editată în două volume, prezintă metodele moderne folosite pentru tratarea apei la cazanele de abur.

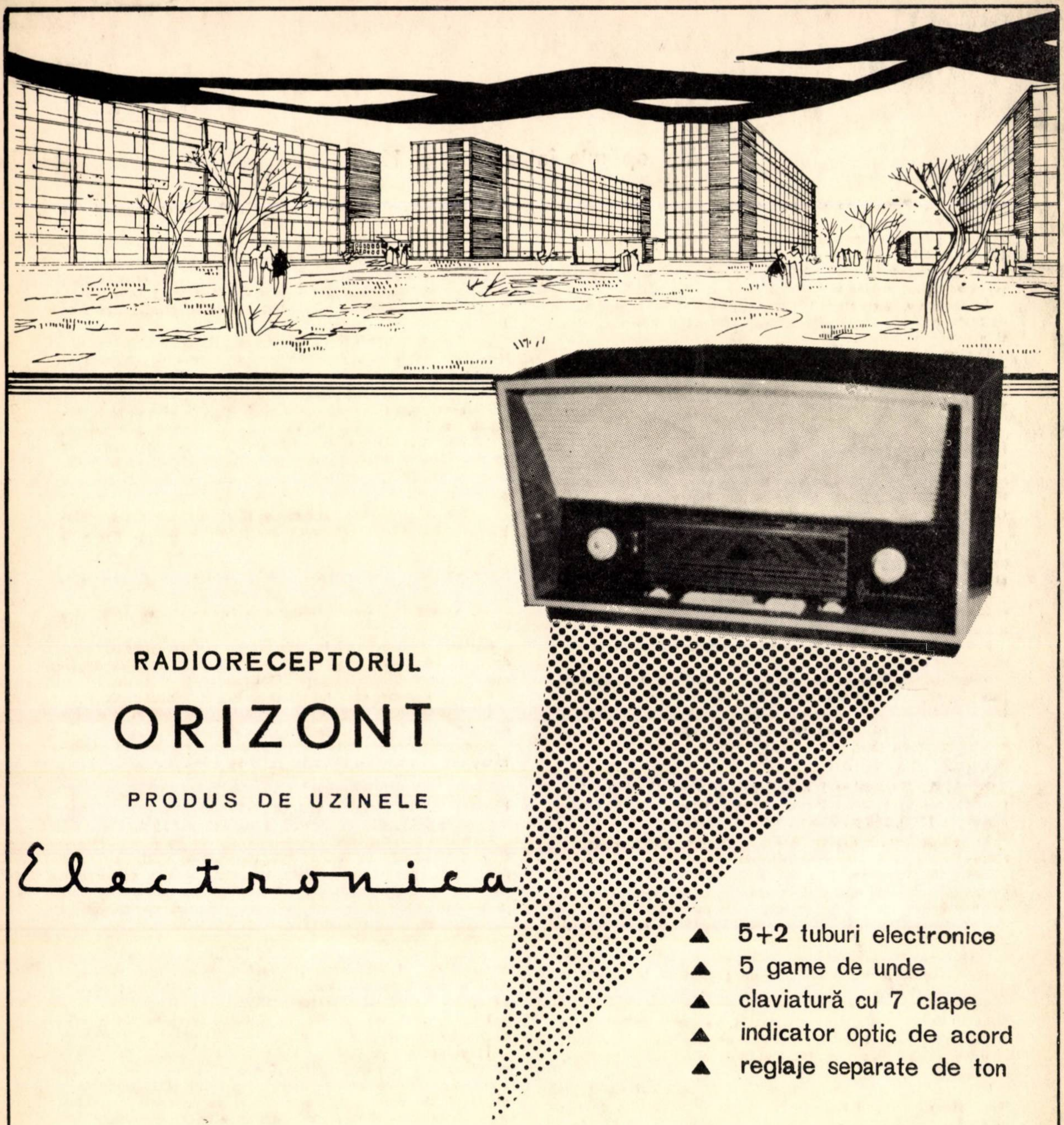
În volumul I se tratează chimia apelor industriale și urmările unui regim necorespunzător al apei asupra exploatării cazanelor de abur: depuneri, coroziuni și impurificarea aburului. Se dau condițiile de calitate pentru apa de alimentare și procedeele de îndepărtare a suspensiilor filtrabile și coloidale.

În volumul II se descriu diverse procedee pentru eliminarea impurităților dizolvate și procedeele de demineralizare totală a apei, precum și metodele de analiză.

Lucrarea se adresează inginerilor și tehnicienilor care lucrează la exploatarea cazanelor de abur.

* * * **Metode de analiză pentru exploatarea centralelor de forță.** (Analysenverfahren für den Kraftwerkbetriebe) (Elaborată de Vereinigung der Grosskessel Besitzer), 744 p., 119 fig., 48 tabele. Editura Stahleisen M.B.H., Dusseldorf, 1962.

Lucrarea cuprinde metodele de analiză pentru apa de alimentare, apa de cazan, abur, combustibili (solizi, lichizi și gazoși) folosiți în centrale, gaze de ardere și lubrifianți.



RADIORECEPTORUL

ORIZONT

PRODUS DE UZINELE

Electronica

- 5+2 tuburi electronice
- 5 game de unde
- claviatură cu 7 clape
- indicator optic de acord
- reglaje separate de ton

**VĂ OFERĂ O AUDIŢIE PLĂCUTĂ
CU PERFORMANŢE SUPERIOARE
ÎNTR-O PREZENTARE
MODERNĂ ŞI ELEGANTĂ**

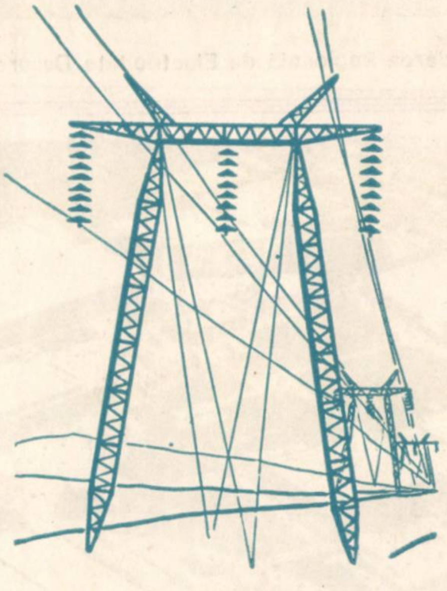
Lei 5

E 2039

R REFERÁLKA

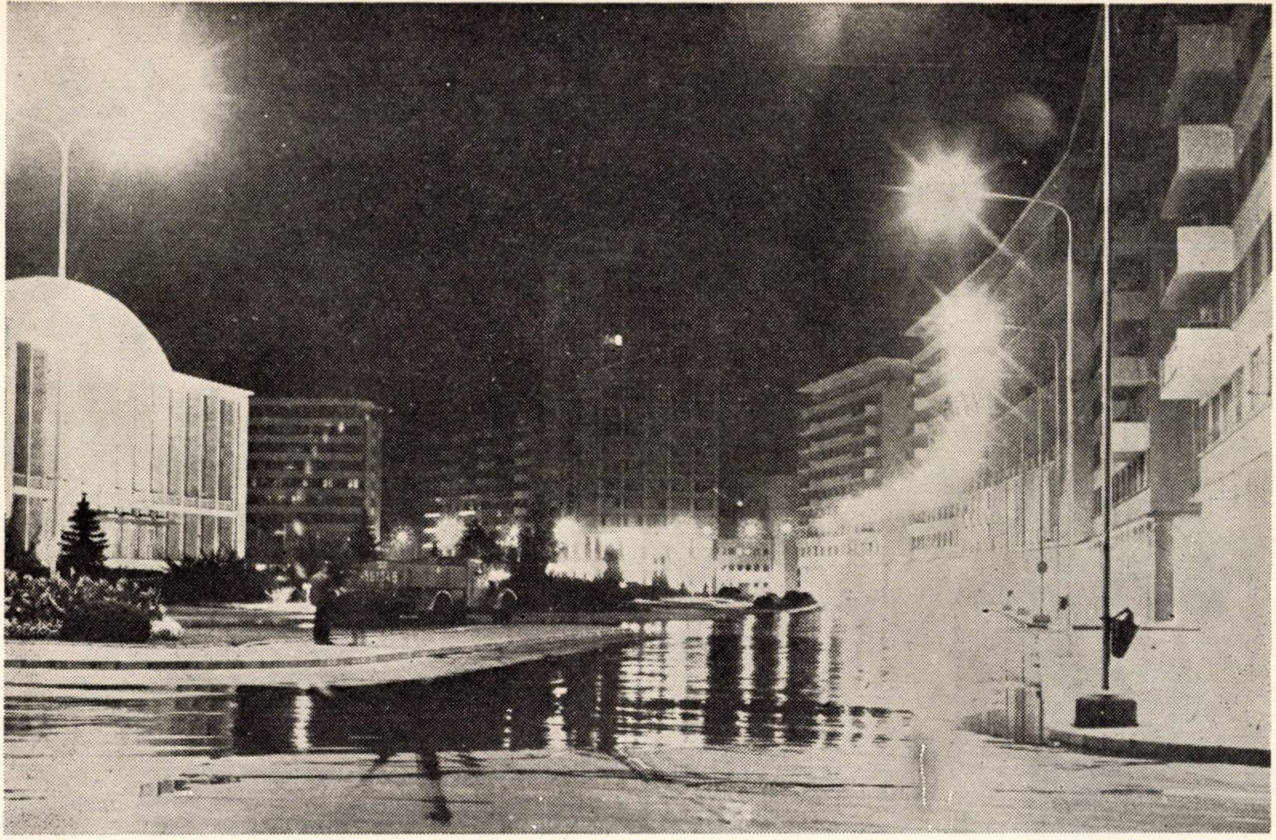
ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 3 ENERGETICA

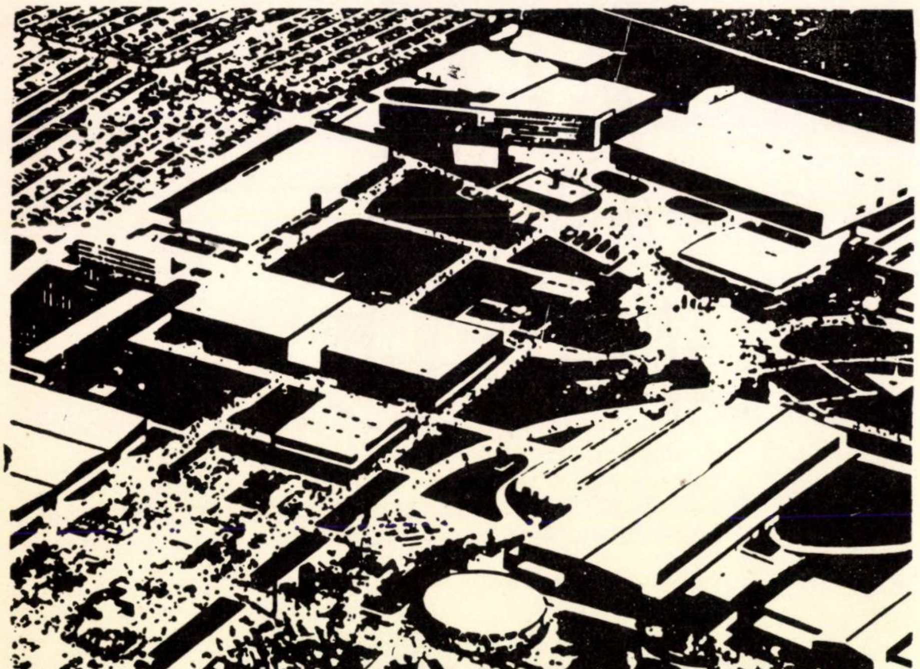


3

BUCUREȘTI ★ MARTIE ★ 1963



Întreprinderea Regională de Electricitate Bucureşti — iluminat public în Piaţa Palatului R.P.R.



HANNOVER MESSE

1963 28 Aprilie — 7 Mai

20 PAVILIOANE SPECIALIZATE ÎNTR-UN MARE TÎRG DE MOSTRE

Astfel denumeşte ziarul „Göteborg's Handelsoch Sjöfarts-Tidning", tîrgul de mostre de la Hanovra, iar ziarul „Frankfurter Allgemeine Zeitung "afirmă că este un tîrg internaţional complet. Exponatele prezentate la acest mare tîrg sînt reprezentative atît sub aspectul varietăţii sortimentelor expuse, cît şi din punct de vedere teritorial.

Printre cei 4400 expozanţi germani şi 1100 expozanţi din alte 25 ţări industriale ale Europei şi Americii de Nord, se află firme de mare prestanţă. Ele sînt larg reprezentate la tîrgul de la Hanovra prin intermediul organizaţiilor lor comerciale, ca şi întreprinderile mijlocii de altfel (care reprezintă ponderea cea mai mare a expozanţilor) şi întreprinderile mici cu un grad avansat de specializare a producţiei.

Timp de 10 zile, 40000 tehnicieni şi reprezentanţi comerciali stau la dispoziţia celor interesaţi pentru prezentarea instalaţiilor, agregatelor şi bunurilor de consum expuse în standuri şi pe terenurile expoziţiei.

Această expoziţie prilejuieşte întîlniri cu reprezentanţii autorizaţi ai firmelor expozante, ale căror rezultate se fac cunoscute atît la Tîrgul de mostre din Hanovra cît şi după închiderea lui.

ENERGETICA

NUL 11 Nr. 3 MARTIE 1963

CUPRINS

Număr special consacrat sesiunii C.I.G.R.E. 1962

Z 621.311.1.027.3(063)100 C.I.G.R.E
eorgescu, A.* : **Importanța lucrărilor C.I.G.R.E. pentru specialiștii din țara noastră**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 93—94.

Z 621.311.1l027.3(063)100 C.I.G.R.E.
onstantinescu, E. și *Groza, L.* : **Lucrările celei de-a 19-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (C.I.G.R.E.). Lista rapoartelor prezentate la sesiunea C.I.G.R.E. 1962**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 95—101.

PROBLEME DISCUTATE IN GRUPELE DE LUCRU IN CADRUL SESIUNII

CZ 621.316.262 : 621.311.1.027.3(063)100
Berenghi, St. : **Stații de transformare și conexiuni (Grupa 15)**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 102—103.

621.315.051 : 621.311.1.027.3(063)100
Groza, L. : **Concepția și funcționarea rețelelor (Grupa 32)**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 103—106.

621.395.44 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E. **Teletransmisii (Grupa 34)**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 106—107.

CZ 621.395.8 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E. **Perturbații telefonice și radiofonice (Grupa 35).**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 107.

CZ 621.317.333 : 621.311.027.3(063)100
Groza, L. : **Coordonarea izolației (Grupa 41)**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 108—109.

CZ 621.315.05.025 : 621.3.027.7/8 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu , E. : **Transportul energiei electrice în curent alternativ de foarte înaltă tensiune (Grupa 42)**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 109—112.

PROBLEME DISCUTATE IN COMITETELE DE STUDII

CZ 621.315.66 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E. : **Stîlpi și fundații (Comitetul nr. 7)**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 113—114.

CZ 621.315.051 : 621.311.1.027.1(063)100
Groza, L. : **Concepția și funcționarea rețelelor (Comitetul nr. 13)**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 114—116.

* * *

CZ 621.316.4.001.24 : 621.311.1.027.3(063)100
Dimo, P., *Groza, L.* și *Moraite, G.* : **Optimizarea condițiilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei rețele**
Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 117—129.

CZ 621.311.161 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E., *Militaru, P.*, *Groza, L.*, *Grof, F.* și *Novak, I.* : **Interconectarea la 400 kV între rețeaua romînească și cea cehoslovacă**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 130—137.

CRONICA, p. 138— 139

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing **C. MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** acad. prof. ing. **M. BERCOVICI,** laureat al Premiului d Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU** ing. **P. DIMO,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laurea al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** membru corespondent a Academiei R.P.R., ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția : București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația : „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : „IPROMIN" — Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B.I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică nr. 2 București — c. 334

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 11
1963
Nr. 3
MARTIE

ORSZ. MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883 1963

Importanţa lucrărilor C.I.G.R.É. pentru specialiştii din ţara noastră

Ing. *ADRIAN GEORGESCU*
preşedintele Comitetului naţional romîn C.I.G.R.É.

Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice (C.I.G.R.É.) este, după Comisia Electrotehnică Internaţională (C.E.I.), cea mai veche organizaţie electrotehnică internaţională. Ea a fost creată în 1921 şi şi-a ţinut cu regularitate sesiunile bienale, toate la Paris, ultima — sesiunea a XIX — avînd loc între 16 şi 26 mai 1962.

Printre cele aproximativ 1 400 congrese internaţionale, care acoperă multipla activitate omenească, C.I.G.R.É. ocupă prin vechimea, prestigiul şi eficienţa ei un loc de frunte, într-un domeniu al cărui rol este binecunoscut în viaţa omenirii.

Dacă în 1921, la sesiunea de constituire, au luat parte 250 delegaţi, astăzi conferinţa numără 2 743 membri permanenţi şi 2 590 membri corespondenţi, repartizaţi pe toate continentele. La sesiunea din mai 1962 au luat parte la lucrări 1930 membri activi, reprezentînd 50 ţări diferite.

Ţara noastră a participat la lucrările C.I.G.R.É. încă de la începuturile activităţii acesteia, fiind şi în 1962 reprezentată prin şase delegaţi.

Obiectul C.I.G.R.É. este detectarea, stimularea şi difuzarea progresului tehnic prin punerea în contact, o dată la doi ani, a celor mai competenţi specialişti, care îşi desfăşoară activitatea în domeniile :

— fabricarea şi exploatarea echipamentului de producere, transformare şi întrerupere a curentului electric ;

— construcţia, izolaţia şi întreţinerea liniilor electrice aeriene şi subterane ;

— exploatarea, protecţia şi interconexiunea reţelelor electrice ;

— tehnica specială a tensiunilor foarte înalte (peste 220 kV).

C.I.G.R.É. funcţionează ca o asociaţie neguvernamentală, de persoane (fizice sau morale), membrii ei fiind fie membri personali (persoane fizice), fie membri colectivi ; dintre membrii colectivi fac parte întreprinderi, laboratoare, instituţii de învăţămînt etc.

Membrii, făcînd parte din diferite ţări, au constituit în cele mai multe dintre acestea (39) comitete naţionale, prin intermediul cărora se întreţin relaţiile cu administraţia permanentă a conferinţei, care are sediul la Paris. Activitatea conferinţei se desfăşoară, aşa cum am arătat, prin sesiuni, care au loc o dată la doi ani la Paris şi a căror durată este de zece zile.

Adunarea generală a membrilor alege un consiliu de administraţie, care are un preşedinte (în prezent G. Silva—Italia) şi un număr mare de vicepreşedinţi.

Unul dintre vicepreşedinţi este numit de consiliu delegat general (J. Tribot-Laspière — Franţa) şi este însărcinat cu conducerea treburilor conferinţei între sesiuni.

Continuitatea şi avansarea lucrărilor sînt asigurate între sesiuni prin activitatea celor 18 comitete de studii, ai căror preşedinţi şi membri sînt numiţi de către consiliul de administraţie dintre cei mai autorizaţi specialişti în domeniile respective ; numărul membrilor comitetelor de studii este limitat la 16.

Cele 18 comitete sînt următoarele :

Nr. 1 — Uleiuri.
Nr. 2 — Cabluri de înaltă tensiune.
Nr. 3 — Întrerupătoare.
Nr. 4 — Protecţie şi relee.
Nr. 5 — Izolatoare.
Nr. 6 — Conductoare neizolate.
Nr. 7 — Suporţi şi fundaţii.
Nr. 8 — Supratensiuni şi descărcări directe.
Nr. 9 — Curent alternativ la tensiune foarte înaltă.
Nr. 10 — Curent continuu la tensiune foarte înaltă.
Nr. 11 — Perturbaţii.
Nr. 12 — Transformatoare.
Nr. 13 — Stabilitatea reţelelor.
Nr. 14 — Teletransmisii.

Nr. 15 — Coordonarea izolaţiilor.
Nr. 16 — Fenomene reactive (cu activitate suspendată, dar menţinut în memoria regretatului prof. ing. Constantin Budeanu, care a fost iniţiatorul şi preşedintele acestui comitet de studii).
Nr. 17 — Alternatoare.
Nr. 18 — Condensatoare.
Nr. 19 — Influenţa căilor ferate cu curent alternativ asupra reţelelor electrice.

Activitatea C.I.G.R.É. este concepută şi se desfăşoară urmărindu-se maximul de eficienţă în folosirea timpului. În acest sens, pe măsura amplificării acestei activităţi, a fost luată o serie de măsuri, cum ar fi : introducerea a două reuniuni simultane în timpul sesiunilor, traducerea simultană (engleză şi franceză) şi folosirea raportorilor speciali pentru ordonarea discuţiilor. De asemenea, pentru a se asigura examinarea în profunzime a problemelor şi pentru a se putea marca progresele realizate în timp, unele dintre subiectele ce fac parte din programul C.I.G.R.É. sînt tratate o dată la două sesiuni, adică din patru în patru ani.

Astfel, potrivit acestui principiu, în 1962 au fost discutate următoarele grupe de rapoarte :

— alternatoare, transformatoare, întrerupătoare, uleiuri izolante, staţii şi substaţii de transformare, condensatoare, cabluri, concepţia şi funcţionarea reţelelor, teletransmisii, perturbaţii radiofonice şi telefonice, coordonarea izolaţiilor şi linii de foarte înaltă tensiune, în timp ce în anul 1960 au fost discutate rapoarte grupate pe problemele :

— suporţi şi fundaţii, conductoare aeriene, izolatoare, protecţie şi relee, descărcări directe, supratensiuni şi curent continuu.

Pentru fiecare sesiune, comitetele de studii aleg subiectele preferenţiale, care sînt în centrul atenţiei tehnicienilor şi care astfel sînt discutate în profunzime.

Comitetele de studii prezintă ele înseşi, în cadrul sesiunilor, rapoarte care sintetizează activitatea acestor comitete, activitate ce se desfăşoară între sesiuni în cadrul a una sau două reuniuni ce se ţin anual în diferite oraşe ale lumii. Aceste rapoarte reprezintă imaginea celui mai avansat stadiu al tehnicii şi cercetărilor din domeniile respective.

În afara rapoartelor de sinteză, prezentate de raportorii speciali şi de comitetele de studii, din care rezultă clar tendinţele în diferite domenii, un număr mare de rapoarte individuale sînt prezentate în cadrul fiecărei sesiuni. Prin faptul că toate aceste rapoarte sînt inedite (este interzisă publicarea rapoartelor respective în reviste sau cărţi de specialitate înainte de prezentarea lor în cadrul sesiunilor), că au caracter de originalitate şi că reprezintă rezultate ale activităţii de cercetare ştiinţifică şi creaţie inginerească a celor mai mari specialişti, fiecare sesiune a C.I.G.R.É. reprezintă, pentru masa specialiştilor electroenergeticieni, un salt calitativ în cunoaşterea noului.

Activitatea C.I.G.R.É. este materializată după fiecare sesiune în dările de seamă C.I.G.R.É., care sînt tipărite în limbile franceză şi engleză. În aceste dări de seamă sînt prezentate atît rapoartele care au fost discutate în timpul sesiunilor cît şi intervenţiile diferiţilor delegaţi, care, cu ocazia discuţiilor, fac amendamente rapoartelor prezentate şi le completează cu date rezultînd din experienţa proprie.

Faptul că delegaţii care fac intervenţiile respective au obligaţia să predea în scris intervenţiile lor, completate cu dezvoltarea matematică şi graficele necesare, face ca această parte a dărilor de seamă să fie cel puţin la fel de interesantă ca şi prima.

În aceste condiţii, colecţia dărilor de seamă ale celor 19 sesiuni C.I.G.R.É., care au avut loc pînă în prezent, reflectă din plin istoria dezvoltării mondiale a energiei electrice începînd din timpul cînd cele mai mari alternatoare din lume nu depăşeau 40 000 kW.

Importanţa mare pe care o are, pentru orice specialist, cunoaşterea activităţii C.I.G.R.É. este ilustrată cel mai bine de faptul că în cărţi, reviste, cursuri universitare etc. rapoartele C.I.G.R.É. sau referirile la dările de seamă C.I.G.R.É. sînt foarte frecvente.

În afara aspectelor arătate, faptul că sesiunile bienale ale C.I.G.R.É. ocazionează contacte directe între specialiştii din întreaga lume conduce nemijlocit la cunoaşterea realităţilor din domenii mult mai largi decît cercul restrîns al problemelor ce fac obiectul reuniunilor şi aceste manifestări contribuie la înţelegerea reciprocă a oamenilor, la lupta pentru pace.

La noi în ţară, Comitetul naţional pentru participarea la lucrările C.I.G.R.É. îşi propune ca prin măsuri adecvate să asigure răspîndirea în cercuri cît mai largi de specialişti experienţa pe care o sintetizează lucrările C.I.G.R.É. şi ale comitetelor ei de studii.

Lucrările celei de-a 19-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (C.I.G.R.É.)

Ing. *EMIL CONSTANTINESCU* și Ing. *LIVIU GROZA*

I. Prezentare de ansamblu

În perioada 16—26 mai 1962 a avut loc la Paris cea de-a 19-a sesiune a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice, cunoscută sub denumirea prescurtată „C.I.G.R.É."; după cum se știe, aceste sesiuni se țin la Paris din doi în doi ani.

C.I.G.R.É. a fost înființată în 1921, sub patronajul Comisiei Electrotehnice Internaționale (C.E.I.) și reprezintă astăzi, după C.E.I., cea mai veche organizație internațională din domeniile electrotehnic și electroenergetic.

Între sesiuni, continuitatea lucrărilor este asigurată de 18 comitete de studii, care se întrunesc periodic pentru a discuta rezultatele obținute în diferitele țări participante, cu privire la anumite teme de studiu fixate dinainte. De asemenea, tot în cadrul acestor comitete se fixează pentru fiecare sesiune C.I.G.R.É. subiectele preferențiale, adică acelea care sînt actuale și trebuie să fie în mod special discutate.

Interesul crescînd pe care Conferința Internațională a Marilor Rețele îl prezintă pentru tehnicienii din lumea întreagă este evidențiat prin numărul tot mai mare de țări și persoane participante de la înființare și pînă în prezent. Astfel, numărul țărilor participante a fost de 12 în 1921, 41 în 1939, 30 în 1946, 45 în 1952, 47 în 1960 și 50 în 1962. În ceea ce privește numărul congresiștilor, acesta a prezentat o creștere continuă și mai accentuată, după cum urmează: 231 în 1921, 814 în 1939, 877 în 1946, 1351 în 1952, 1908 în 1960 și 1930 în 1962.

Ședința de deschidere a celei de-a 19-a sesiuni a avut loc în ziua de 16 mai, sub președinția ministrului industriei Franței, D. Bokanowski. În cuvîntarea de deschidere, G. Silva, președintele consiliului de administrație al C.I.G.R.É., a scos în evidență frumoasa dezvoltare a acestei organizații, strîns legată de progresele realizate în instalațiile de producere și distribuție a energiei electrice. Doi congresiști, unul în numele participanților de limbă engleză, S. Fujitaka (Japonia), și celălalt în numele celor de limbă franceză, E. Juillard (Elveția), au adresat în încheiere cuvinte de salut și mulțumire prezidiului congresului și participanților la congres.

În cele 24 de ședințe care au urmat au fost puse în discuție următoarele grupe de rapoarte și probleme:

Secția 1-a. Producerea, transformarea și întreruperea curentului electric.

Grupa 11. *Alternatoare.* Alegerea parametrilor principali ai alternatoarelor (tensiune, reactanțe, raport de scurtcircuit, factor de putere, viteză de ambalare, sistem de excitație), ținîndu-se seamă de caracteristicile rețelelor. Cazul particular al grupurilor de foarte mare putere. Excitația statică a alternatoarelor. Alimentarea serviciilor auxiliare în centralele electrice.

Grupa 12. *Transformatoare.* Comportarea transformatoarelor la scurtcircuite. Descărcările prin efect corona în transformatoare. Factorii influențînd încălzirea înfășurărilor transformatoarelor.

Grupa 13. *Întrerupătoare.* Frecvențele proprii și factorii de amplitudine (metoda celor patru parametri, defectul kilometric, supratensiuni la întreruperea curenților inductivi mici, supratensiuni la întreruperea curenților capacitivi). Curenții post-arc. Verificarea indirectă a puterii de rupere. Deconectarea bateriilor de condensatoare.

Grupa 14. *Uleiuri izolante și izolanți.* Proprietățile dielectrice ale izolanților gazoși. Controlul stării uleiurilor izolante. Comportarea izolanților solizi în ulei.

Grupa 15. *Stații de transformare și conexiuni.* Soluțiile constructive moderne folosite la stațiile de transformare de înaltă și foarte înaltă tensiune. Utilizarea separatoarelor de sarcină. Construcția barelor colectoare cu izolație uscată. Supratensiunile datorite transformatoarelor de tensiune capacitive.

Grupa 17. *Condensatoare.* Fenomenul de ionizare în condensatoare. Ameliorarea izolanților. Instalarea condensatoarelor în rețelele electrice.

Secția a 2-a. Construcția, întreținerea și izolația liniilor.

Grupa 21. *Cabluri de înaltă tensiune.* Problemele legate de caracteristicile termice ale solurilor. Izolanții sintetici. Transporturi submarine de energie electrică la mare distanță.

Exploatarea cablurilor de foarte înaltă tensiune. Cabluri de curent continuu. Comportarea cablurilor la scurtcircuite. Coroziunea cablurilor.

Secția a 3-a. Exploatarea, protecția și interconexiunea rețelelor.

Grupa 32. *Concepția și funcționarea rețelelor. Stabilitatea.* Asigurarea unei repartiții economice a sarcinilor prin reglajul frecvență-putere. Stabilitatea sistemelor electrice (efectul regulatoarelor de tensiune, efectul funcționării subexcitate a alternatoarelor, reanclanșarea monofazată). Studiul rețelelor și metodele de încercare. Calculatoarele numerice și analogice.

Grupa 34. *Teletransmisii.* Caracteristicile practice ale rețelelor. Măsurarea zgomotului. Recomandări privind elementele de cuplaj.

Grupa 35. *Perturbații telefonice și radiofonice.*

a) Perturbații telefonice. Protecția liniilor de telecomunicații împotriva forțelor electromotoare longitudinale prin dispozitive uniform repartizate. Efectul perturbațiilor inductive asupra circuitelor auxiliare. Curenții de pămînt reziduali în rețelele trifazate în funcționare normală.

b) Perturbații radiofonice. Perturbații datorite liniilor cu tensiuni nominale pînă la 35 kV. Studiul statistic al perturbațiilor datorite liniilor de înaltă tensiune în funcție de nivelul tensiunilor și condițiile atmosferice. Perturbațiile radiofonice datorite liniilor electrice de înaltă tensiune de curent continuu.

Secția a 4-a. Tensiuni peste 220 kV.

Grupa 41. *Coordonarea izolației.* Statistica supratensiunilor datorite manevrelor și limitele de reducere a nivelului de izolație. Comportarea izolației externe la supratensiuni datorite manevrelor (metode de încercare și rezultate).

Grupa 42. *Tensiuni foarte înalte.* Alegerea nivelelor de tensiune pentru rețelele viitoare. Progresele realizate în studiul și construcția rețelelor de foarte înaltă tensiune. Rezultatele din exploatarea rețelelor de foarte înaltă tensiune. Repararea liniilor sub tensiune. Perturbații radiofonice.

*

La această sesiune, țările participante au prezentat un număr de 105 rapoarte, care pe secții se împart după cum urmează:

Secția 1-a:	53
Secția a 2-a:	10
Secția a 3-a:	24
Secția a 4-a:	18
	105

Aceste rapoarte se repartizează astfel între diferitele țări:

U.R.S.S., S.U.A., Franța, Anglia și Germania (R.D.G. și R.F.G. împreună)	cîte 8
Elveția și Suedia	cîte 7
Belgia, Italia și Japonia	cîte 6
Canada	5
Norvegia, R. P. Polonă și Olanda	cîte 3
R. P. Romînă, R. S. Cehoslovacă, R. P. Ungară, Finlanda și Australia	cîte 2
R. P. Bulgaria, Austria, R. P. F. Iugoslavă, Turcia, Irlanda și Argentina	cîte 1
Rapoarte mixte (autori aparținînd mai multor țări)	3

În afară de acestea au mai fost prezentate 17 rapoarte asupra lucrărilor comitetelor de studii și alte 4 rapoarte în numele comitetelor de studii.

Cele două rapoarte prezentate de țara noastră au fost următoarele:

Raportul nr. 128 (la grupa 12, Transformatoare): „Încercări experimentale pentru măsurarea forțelor axiale de scurtcircuit în transformatoarele de forță" (C. Apetrei, C. Bîlă).

Raportul nr. 314 (la Grupa 32, Concepția și funcționarea rețelelor): „Optimizarea condițiilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei rețele" (P. Dimo, L. Groza, G. Moraite).

În afară de acestea, țara noastră a mai prezentat un raport mixt, elaborat în comun cu specialiștii cehoslovaci, anume raportul nr. 420 (la Grupa 42, Tensiuni foarte înalte): „Interconectarea la 400 kV între rețeaua romînească și cea cehoslovacă" (E. Constantinescu, P. Militaru, L. Groza — R.P.R. — și F. Grof, I. Novak — R.S.C.).

În timpul sesiunii, în afară de ședințele de deschidere și de închidere și de adunarea generală a membrilor C.I.G.R.É., au avut loc 24 ședințe de lucru, de obicei cîte două simultan. În plus, tot în acest timp s-au întrunit și 14 comitete de studii.

Fiecare grupă de rapoarte care s-au discutat a avut un raportor special, însărcinat să studieze dinainte rapoartele grupei și să stabilească lista subiectelor care meritau să fie discutate. Se menționează că în timpul sesiunii nu se face nici o prezentare a rapoartelor, presupunîndu-se că participanții au luat cunoștință de conținutul rapoartelor care îi interesează. Orice congresist doritor să ia cuvîntul în cursul unei ședințe era obligat să se înscrie cu o zi înainte, anunțînd problema la care voia să se refere. Bineînțeles că nu se putea lua cuvîntul decît în legătură cu problemele puse în discuție în rapoartele speciale ale fiecărei grupe.

Ședințele în care se discutau rapoartele din cadrul unei grupe erau conduse de către președintele comitetului de studii respectiv. Din prezidiu făceau, de asemenea, parte raportorul general și un secretar al grupei, avînd sarcina să întocmească și să difuzeze după fiecare ședință darea de seamă a discuțiilor.

Limbile oficiale ale discuțiilor au fost franceza și engleza. Un grup de interpreți au asigurat traducerea simultană în limbile franceză, engleză și germană. Mici aparate portative de radiorecepție cu cască permiteau fiecărui auditor să asculte comunicarea în limba preferată.

Rapoartele prezentate de țara noastră la a 19-a sesiune a C.I.G.R.É. au fost privite cu mult interes de către participanți.

Astfel, raportul nr. 128 (autori C. Apetrei și C. Bîlă) a fost comentat favorabil în raportul special al Grupei nr. 12. În cadrul discuțiilor, raportorul special Langlois-Berthelot a subliniat importanța practică a determinării forțelor axiale de scurtcircuit în transformatoare, subliniind în același timp necesitatea continuării studiilor în ceea ce privește extrapolarea rezultatelor obținute la curenții reduși.

Raportul nr. 314 (autori P. Dimo, L. Groza și G. Moraite) a fost comentat pe larg în cadrul raportului special al Grupei nr. 32, apreciindu-se favorabil metoda de optimizare prezentată și rezultatele experimentale obținute. Acest raport a dat naștere la șase intervenții din partea unor congresiști din diferite țări. În concluzie, raportorul special M. Magnien a arătat că, în urma discuțiilor asupra problemei parametrilor rețelelor, reține mai ales această metodă romînească, care duce la rezultate mai exacte în special în ceea ce privește determinarea timpului de lansare.

Raportul mixt romîno-cehoslovac nr. 420 (autori E. Constantinescu, P. Militaru, L. Groza, F. Grof și I. Novak) a fost comentat favorabil în raportul special al Grupei nr. 42, la problema normalizării tensiunilor foarte înalte, arătîndu-se că introducerea tensiunii de 400 kV la linia de interconexiune R.P.R.—R.S.C. se încadrează în prevederile CET de normalizare a tensiunilor. De asemenea, la problema dezvoltării rețelelor de tensiuni foarte înalte au fost comentate caracteristicile tehnice ale transportului de energie din R.P.R. în R.S.C., subliniindu-se valorile foarte importante ale puterii și energiei transportate, precum și alegerea justificată a tensiunii nominale de 400 kV.

La a 19-a sesiune a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice, Comitetul național romîn C.I.G.R.É., prin intermediul căruia se desfășoară activitatea noastră în cadrul C.I.G.R.É., a trimis o delegație compusă din următoarele persoane:

Conf. ing. N. ARMENCOIU, membru în Comitetul pentru Tehnica Nouă, conducătorul delegației.

Conf. ing. E. CONSTANTINESCU, inginer-șef la I.S.P.E.

Conf. ing. C. APETREI, director adjunct științific la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

Ing. ST. BERENGHI, inginer-șef la I.R.E.B.

Ing. L. GROZA, proiectant-șef la I.S.P.E.

Ing. D. ILIESCU, inginer la Comitetul pentru Tehnica Nouă.

Delegații romîni au făcut mai multe intervenții la ședințele de lucru ale diferitelor grupe de rapoarte. Astfel, conf. ing. N. Armencoiu a luat cuvîntul la Grupa nr. 41 („Coordonarea izolației"), prezentînd rezultatele experimentale obținute în R.P.R. asupra nivelului de izolație a instalațiilor noastre de înaltă tensiune în comparație cu recomandările C.E.I.

În cadrul discuțiilor din Grupa nr. 32 („Concepția și funcționarea rețelelor"), conf. ing. E. Constantinescu a arătat stadiul actual de aplicare în R.P.R. a metodei de calcul al rețelelor cu ajutorul analizei nodale, combinată cu calculatoare numerice, și avantajele obținute față de folosirea altor metode. Conf. ing. C. Apetrei a luat cuvîntul la Grupele nr. 11 („Alternatoare") și nr. 12 („Transformatoare"), indicînd rezultatele cercetărilor efectuate în R.P.R. pentru determinarea soluțiilor optime în proiectarea, construcția și exploatarea mașinilor sincrone și a adus unele precizări cu privire la metoda de determinare pe cale directă experimentală a forțelor axiale în transformatoare, la tensiuni reduse față de tensiunea nominală. Ing. St. Berenghi a arătat, la Grupa nr. 15 („Stații de transformare"), realizările obținute în R.P.R. în ceea ce privește proiectarea și construcția stațiilor exterioare de 110 și 35 kV (reducerea eforturilor în cadrele de beton armat centrifugat ale stațiilor și realizarea de stații de 35 kV cu bare rigide din țeavă de aluminiu fixate direct pe izolatoarele separatoarelor). Ing. L. Groza a luat cuvîntul la Grupa nr. 32 („Concepția și funcționarea rețelelor"), aducînd precizări asupra importanței caracteristicilor rețelelor obținute din regimuri optimizate (arătate în raportul romînesc nr. 314) și a inerției sarcinii și a făcut unele completări în legătură cu importanța oscilațiilor rotorice și a sensului puterii active ce se deconectează.

Delegații romîni au participat și la discuții în cadrul unor comitete de studii. În calitate de membru al comitetului, conf. ing. C. Apetrei a participat la discuțiile din cadrul Comitetului de studii nr. 17 („Alternatoare") fiind cooptat în grupa de lucru care va studia modurile de determinare a soluțiilor optime în construcția generatoarelor sincrone de mare putere.

Conf. ing. E. Constantinescu a participat ca expert la lucrările Comitetului de studii nr. 7 („Stîlpi și fundații"), arătînd, în legătură cu raportul romînesc nr. 220 de la sesiunea C.I.G.R.É. din 1960, ultimele rezultate obținute la noi în problema coeficienților de siguranță economici la liniile electrice aeriene. De asemenea a făcut o expunere asupra tipurilor noi de stîlpi ancorați metalici și de beton armat construiți în R.P.R.

În cadrul Comitetului de studii nr. 13 („Concepția și funcționarea rețelelor"), ing. L. Groza a participat ca expert la discuţiile în legătură cu organizarea şi programul celor şapte grupe de lucru ale comitetului.

Atît în timpul cît şi după terminarea lucrărilor sesiunii au fost făcute mai multe vizite tehnice la o serie de obiective energetice (centrale termoelectrice, centrale hidroelectrice, staţii de transformare sau conversiune, linii de înaltă tensiune), fabrici constructoare de echipament energetic şi organizaţii de studii, cercetări şi exploatarea instalaţiilor energetice, obţinîndu-se un bogat material documentar, care a fost adus în ţară şi stă la dispoziţia celor ce doresc să-l consulte.

*

În cele ce urmează se va face o scurtă prezentare a rapoartelor mai importante şi a problemelor discutate în şedinţele grupelor de lucru şi în şedinţele comitetelor de studii pentru specialităţile corespunzătoare revistei „Energetica" (staţii de transformare, stîlpi şi fundaţii, concepţia şi funcţionarea reţelelor, teletransmisii, perturbaţii telefonice şi radiofonice, coordonarea izolaţiei, tensiuni foarte înalte).

Pentru celelalte specialităţi urmează să se facă o prezentare similară în revista „Electrotehnica".

Pentru o orientare mai uşoară se dă şi lista completă a rapoartelor prezentate la sesiune.

II. Lista rapoartelor prezentate

Secţia 1. **Producerea, transformarea şi întreruperea curentului**

Grupa 11. *Alternatoare*

107. A. ABOLINS şi H. WEISSHEIMER (Germania). Influenţa raportului de scurtcircuit şi a factorului de putere asupra construcţiei turbogeneratoarelor.

108. J. B. McCLURE şi M. TEMOSHOK (S.U.A.). Comportarea turboalternatoarelor mari într-o reţea energetică modernă.

113. A. B. KRIKUNCIC, O. V. LIVANOVA, L. G. MAMIKONIANŢ, I. A. SÎROMIATNIKOV şi M. S. ULITKI (U.R.S.S.). Circuitele de distribuţie şi antrenarea electrică a servicilor interne ale centralelor termoelectrice moderne.

117. J. DISPAUX (Belgia). Excitaţia turboalternatoarelor de mare putere cu ajutorul redresoarelor rotative.

118. H. BUHLER şi F. EGLI (Elveţia). Influenţa parametrilor electrici ai turbogeneratoarelor asupra dimensiunilor şi funcţionării lor.

124. M. KOSTENKO, G. KARPOV şi E. KASOVSKI (U.R.S.S.). Determinarea parametrilor generatoarelor mari de la centralele hidroelectrice de pe Volga inferioară.

130. R. ZDROJEWSKI (R. P. Polonă). Generatoare cu redresoare semiconductoare pentru excitaţia turboalternatoarelor.

132. A. N. IRENS (Anglia). Vezi Grupa 15.

134. R. ITO, S. KUWAHARA şi Y. MURAYAMA (Japonia). Alternatoare cu excitaţie statică în Japonia.

137. R. G. A. BREARLY, D. A. FINDLAY, C. C. LOUTTIT şi J. T. MADILL (Canada). Evaluarea izolării înfăşurării generatoarelor prin măsurarea factorului de putere pe cîteva bobine alese pe partea liniei.

139. P. PAVESI (Italia). Comutarea alimentării serviciilor proprii la un grup termoelectric de 150 MW.

146. J. CHATELAIN (Elveţia). Consecinţele economice ale alegerii parametrilor caracteristici la maşinile sincrone cu poli aparenţi.

149. H. I. WOOD (Anglia). Efectele construcţiei statorului, metodelor de răcire, raportului de scurtcircuit şi reactanţei asupra concepţiei generatoarelor antrenate de turbine cu abur, cu referire în special la greutate.

152. G. SEGRÉ (Italia). Vezi Grupa 17.

157. A. BARRAL, R. BOULET şi L. CARPANTIER (Franţa). Progrese recente şi posibilităţi noi de excitaţie şi de reglare a maşinilor sincrone mari.

158. P. LAURENT. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru alternatoare, nr. 17, cu anexele următoare:

— P. LAURENT. Caracteristicile principale de funcţionare a turbogeneratoarelor moderne mari.

— L.W. JAMES şi B. BARKER. Rezumatul răspunsurilor la chestionarul cu privire la caracteristicile motoarelor auxiliare pentru centrale electrice mari.

— R. A. HORE. Raport despre chestionarul privitor la transmisia în maşini a undelor cu front abrupt trecînd prin transformatoare.

— PH. BARRET. Raport de activitate a Grupului de lucru despre excitaţia alternatoarelor prin redresoare.

161. M. FARRAL, B. FAVEZ şi G. RUELLE (Franţa). Utilizarea grupurilor-bulb pentru echiparea centralelor hidroelectrice cu cădere mică.

414. E. BAGALA (Italia). Vezi Grupa 41.

Grupa 12. *Transformatoare*

101. I. POPOV (R. P. Bulgaria). Încălzirea şi durata de viaţă a transformatoarelor.

102. E. R. HARTILL, R. E. JAMES, D. H. RYDER, L. SMITH şi F. W. TAYLOR (Anglia). Descărcări prin efect corona în transformatoare şi metode de detectare.

104. N. HYLTEN-CAVALLIUS şi J. FRYXELL (Suedia). Efectul corona la transformatoarele de forţă şi problema încercărilor corespunzătoare.

105. J. FRYXELL şi S. HARALDSEN (Suedia). Metodă îmbunătăţită pentru producerea undelor tăiate.

106. E. T. NORRIS. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru transformatoare, nr. 12.

111. B. GANGER, W. SIEMER şi H. J. VORWERK Germania). Ionizarea internă la transformatoare (de putere şi de măsură) şi măsurarea perturbaţiilor radiofonice care rezultă.

122. E. PIRKTL şi G. SPALLANZANI (Elveţia). Cercetări recente în domeniul eforturilor în înfăşurărilor transformatoarelor la scurtcircuit.

123. M. OYAMA, S. FUJITAKA, J. TOMIYAMA şi S. ASAKAWA (Japonia). Studii pe model cu privire la rezistenţa înfăşurărilor transformatoarelor la scurtcircuite.

125. S. MUUR (Norvegia). Modul de circulaţie a uleiului în transformatoarele cu răcire naturală. Distribuţia corespunzătoare a temperaturilor.

126. J. BAUDOUX, J. VERBESSELT şi A. FREMINEUR (Belgia). Studiul regimurilor termice ale maşinilor electrice pe modele analogice. Aplicaţii la cabluri şi la transformatoare.

128. C. APETREI şi C. BÎLĂ (R. P. Romînă). Încercări experimentale pentru măsurarea forţelor axiale de scurtcircuit la transformatoarele de forţă.

135. R. LANGLOIS-BERTHELOT. Elementele care influenţează performanţele termice ale înfăşurărilor transformatoarelor în ulei. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii pentru transformatoare, nr. 12).

141. C. DE. KUIJPER şi TH. SCHENK (Olanda). Calculul componentei radiale a cîmpului magnetic în înfăşurările transformatoarelor tip cu miez.

142. L. TORSEKE. Probleme de scurcircuit la transformatoarele mari. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii pentru transformatoare, nr. 12).

143. Y. TOURNIER şi G. EBERSHOL (Franţa), A CINIERO şi S. YAKOV (Italia), A. B. MADIN şi J. D. WHITAKER (Anglia). Studiul comportării dinamice a înfăşurărilor unui transformator sub acţiunea unui scurtcircuit.

143 bis. Y. TOURNIER şi G. EBERSHOL (Franţa), A. CINIERO şi S. YAKOV (Italia), A. B. MADIN şi J. D. WHITAKER (Anglia). Supliment la raportul nr. 143.

145. V. O. AIGNER. Detectarea efectului corona la transformatoare. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii pentru transformatoare, nr. 12).

147. R. BOERSMA şi J. WILDEBOER (Olanda). Rezistenţa mecanică a înfăşurărilor interne ale transformatoarelor la forţele radiale în caz de scurtcircuit.

412. G. JANCKE, R. JENKINS, B. NORDSTRÖM şi L. NORLIN (Suedia). Vezi Grupa 42.

414. E. BAGALA (Italia). Vezi Grupa 41.

Grupa 13. *Întrerupătoare.*

103. A. EIDINGER şi W. RIEDER (Austria). Probleme de defect kilometric.

112. R. LEBER (Germania). Determinarea prin variaţii bruşte de sarcină a tensiunii tranzitorii de restabilire în reţelele de înaltă tensiune în funcţiune.

114. L. AHLGREN şi L. R. BERGSTRÖM (Suedia). Consideraţii asupra manevrei condensatoarelor cu ajutorul întrerupătoarelor cu ulei puţin de 10—40 kV.

115. G. CRONIN şi W. P. LEECH (Irlanda). Viteze ridicate de amorsare combinate cu valori mici ale megavoltamperilor de defect într-o reţea irlandeză la 110 kV.

120. M. JEAN-RICHARD şi R. THALER (Elveţia). Verificarea indirectă a puterii de rupere în caz de defect kilometric prin încercări de scurtcircuit cu frecvenţă proprie ridicată.

121. H. THOMMEN şi P. BALTENSPERGER (Elveţia). Un întrerupător pneumatic rapid pentru cele mai înalte exigenţe de exploatare.

127. F. MORI, K. HIDAKA, S. FUJII, K. NAKANISHI, T. USHIO şi Y. FUJII (Japonia). Caracteristicile scurtcircuitelor în reţelele japoneze de înaltă tensiune şi comportarea întrerupătoarelor în caz de defect kilometric.

129. Z. CIOK (R. P. Polonă). Scurtcircuite nesimultane în reţelele trifazate. Influenţa lor asupra funcţionării întrerupătoarelor.

140. V. ZAJIC, J. PANEK, R. GERT şi J. JIRKU (R. S. Cehoslovacă). Conectarea şi deconectarea unei baterii mari de condensatoare-şunt pentru compensarea energiei reactive.

144. G. FRATE (Italia). Comparaţie între întrerupătoarele cu aer comprimat şi întrerupătoarele cu ulei puţin din punct de vedere al defectelor kilometrice.

148. H. SCHILLER şi H. MEYER. Raport despre lucrările Comitetului de studii pentru întrerupătoare, nr. 3, cu anexa următoare:

— Determinarea tensiunilor tranzitorii de restabilire prin patru parametri.

150. S. A. CLARKE şi R. E. MARTIN (Anglia). Echipament mobil pentru înregistrarea datelor la mărimea reală pentru studiul aparatelor de comutaţie în reţelele de înaltă tensiune.

150 bis. S. A. CLARKE şi R. E. MARTIN (Anglia). Supliment la raportul nr. 150.

153. C. DUBOIS, J. C. HENRY, E. MAURY şi M. POUARD (Franţa). Întreruptoare cu tăiere multiplă.

154. V. DELEVOY, A. GUILLAUME şi R. SAVOYE (Belgia). Despre aplicarea practică a înregistrării curenţilor post-arc. Cazul punerii la punct a unui aparat cu ulei puţin.

307. I. B. JOHNSON, L. O. BARTHOLD, C. DORSA, J. H. HAGENGUTH, A. HAUSPURG, J. H. KINGHORN, O. NAEF, J. D. PEELPS, V. E. PHILLIPS, W. F. SKEATS, C. H. TITUS şi P. C. VOSE (S.U.A.). Vezi Grupa 32.

Grupa 14. *Uleiuri izolante şi izolanţi.*

131. J. I. SKOWRONSKI (R. P. Polonă). Cercetări asupra unei metode corespunzătoare pentru determinarea rigidităţii dielectrice a uleiurilor izolante (cu film).

155. H. WEISS. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru uleiuri izolante, nr. 1, cu anexa următoare:

— M. VAN RYSSELBERGE şi G. PLEECK. Relaţii între comportarea uleiurilor izolatoare la încercarea de îmbătrînire după normele C.E.I. şi comportarea lor în exploatare.

Grupa 15. *Staţii de transformare şi conexiuni.*

116. L. I. DOVSKIN, V. B. MARTINOV, B. S. USPENSKI şi YU. A. YAKUB (U.R.S.S.). Staţii de 500 şi 330 kV în U.R.S.S. şi principalele lor aparate.

119. A. IMHOF (Elveţia). Dispoziţia de ansamblu a instalaţiilor de distribuţie cu bare complet izolate cu ajutorul unui nou material izolant uscat. Reguli de dispoziţie.

132. A. N. IRENS (Anglia). Consideraţii economice despre folosirea în reţelele mari a generatoarelor antrenate prin turbine cu gaz şi montate în puncte descentralizate.

136. J. A. CALLOW şi K. W. MACKLEY (Australia). Supratensiuni bruşte în transformatoarele de tensiune capacitive la 330 kV.

151. J. GEORGE, E. MEAN şi R. NORMAND (Belgia). Utilizarea separatoarelor de sarcină la staţiile de 150 şi 36 kV şi la tablourile de înaltă tensiune pentru alimentarea serviciilor proprii ale centralelor.

156. J. PARIZY şi P. CAZALET (Franţa). Probleme de arhitectură şi de construcţie a staţiilor. Tendinţe noi cu privire la măsură şi înregistrare.

Grupa 17. *Condensatoare.*

109. A. BJÖRGERD, P. A. LILJEQUIST, B. NYBERG şi O. PETTERSSON (Suedia). Probleme tehnice şi economice privitoare la compensarea de fază.

110. M. TUURI, B. ANTHONI şi P. VALKEILA (Finlanda). Caracteristicile hîrtiei impregnate cu oxid de aluminiu pentru condensatoare.

114. L. AHLGREN şi L. R. BERGSTRÖM (Suedia).

133. T. SAKAMOTO, K. OSHIMA, Y. YOSHIDA, R. SHINODA şi Y. TAKE (Japonia). Îmbunătăţirea caracteristicilor dielectrice ale hîrtiei de condensatoare.

136. J. A. CALLOW şi K. W. MACKLEY (Australia). Vezi Grupa 15.

138. Z. KRASUCKI, H. F. CHURCH şi C. G. GARTON (Anglia). Factori care determină durata de viaţă utilă a condensatoarelor de forţă.

152. G. SEGRÉ (Italia). Instalaţii de condensatoare în reţeaua Grupului Edison (Italia).

159. F. LEHMHAUS. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru condensatoare, nr. 18, cu anexele următoare:

— M. PIERSON. Raportul de activitate al Grupului de lucru „HÎRTIE" din 1958 pînă în 1961, urmat de suplimentul la raportul nr. 112, CIGRÉ, 1958.

— H. ELSNER. Consideraţii despre folosirea substanţelor impregnante la condensatoare.

— Tabel cu privire la producţia şi consumul puterii reactive în mai multe ţări.

160. P. GAUSSENS, O. H. BOUVIER, G. DUTOURNIER, H. FOURNIÉ şi D. ZANOBETTI (Franţa). Comportarea condensatoarelor sub influenţa solicitărilor termice.

Secţia 2. **Construcţia, întreţinerea şi izolaţia liniilor**

Grupa 21. *Cabluri de înaltă tensiune.*

126. J. BAUDOUX, J. VERBESSELT şi A. FREMINEUR (Belgia). Vezi Grupa 12.

201. B. BJURSTRÖM (Suedia). Posibilităţi de transport de mari cantităţi de energie prin cablu de 420/ 3 kV.

202. J. N. JOHNSEN şi T. VRALSTAD (Norvegia). Cabluri submarine pentru transportul energiei electrice în Norvegia.

203. K. KITAGAWA (Japonia). Cabluri pentru transportul energiei electrice la foarte înaltă tensiune în Japonia.

204. H. W. LÜCKING şi H. J. HEINEMANN (Germania). Posibilitatea de eliminare a influenţelor termice într-un sistem de cabluri cu presiune externă de gaz.

205 P. GAZZANA PRIAROGGIA, G. PALANDRI şi N. PALMIERI (Italia). Cercetări asupra rigidităţii dielectrice a hîrtiei complet impregnate pentru cabluri de curent continuu de înaltă tensiune.

206. F. H. KREUGER (Olanda). Factori care influenţează rigiditatea dielectrică a cablurilor cu presiune de ulei.

207. B. O. ASHFORD, J, BANKS, C. C. BARENS, G. EZARD, J. H. GOSDEN şi C. T. W. SUTTON (Anglia). Protecţia contra coroziunii a cablurilor cu manta metalică, inclusiv a tuburilor de oţel.

208. W. WOBODITSCH (Germania). Stabilitatea foliilor de plastic folosite la cablurile de înaltă tensiune faţă de descărcările prin efluvii.

209. J. M. OUDIN şi Ch. A. FLAMAND (Franţa). Utilizarea izolaţiilor termoplastice la fabricarea cablurilor de curent continuu şi alternativ.

210. J. ROLLIN şi L. CLAVEREUL (Franţa), C. C. BARNES şi J. C. E. COOMER (Anglia). Pozarea cablurilor submarine de curent continuu pentru legătura Franţa—Anglia.

212. J. C. VAN STAVEREN. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru cabluri de înaltă tensiune, nr. 2.

Secţia 3. **Exploatarea, protecţia şi interconexiunea reţelelor**

Grupa 32. *Concepţia şi funcţionarea reţelelor, stabilitatea*

108. J. B. Mc CLURE şi M. TEMOSHOK (S.U.A.). Vezi Grupa 11.

109. A. BJÖRGERD, P. A. LILJEQUIST, B. NYBERG şi O. PETTERSSON (Suedia). Vezi Grupa 17.

152. G. SEGRÉ (Italia). Vezi Grupa 17.

301. C. J. GOODWIN (Canada). Condiţii cerute regulatoarelor de tensiune pentru stabilitatea generatoarelor hidraulice legate la reţea prin linii de transport lungi.

305. C. HAMDI-SEPEN (Turcia). Procedeu de mărire a puterilor-limită transmisibile prin reţelele electrice de transport de curent alternativ în regim tranzitoriu.

306. C. J. BALDWIN şi C. H. HOFFMAN (S.U.A.). Rezultatele a doi ani de studii cu privire la un sistem de proiectare a reţelelor pe durată lungă prin simulare.

307. I. B. JOHNSON, L. O. BARTHOLD, C. DORSA, J. H. HAGENGUTH, A. HAUSPURG, J. H. KINGHORN, O. NAEF, J. D. PHELPS, V. E. PHILLIPS, W. F. SKEATS, C. H. TITUS şi F. C. VOSE (S. U. A.). Deionizarea arcului şi reanclanşarea întrerupătoarelor la liniile de tensiuni foarte înalte.

309. R. BAUMANN, G. BOLL, W. SCHNEIDER şi A. VORBACH (Germania). Rezultate experimentale în folosirea calculatoarelor electronice pentru proiectarea şi exploatarea optimă a reţelelor electrice.

310. N. KNUDSEN (Suedia). Declanşarea monofazată a liniilor de transport folosind bobine de inductanţă pentru stingerea arcului secundar.

313. T. W. BERRIE, S. D. RICHARDSON şi S. SHACKSHAFT (Anglia). Probleme de stabilitate privitoare la alternatoarele mari conectate la reţelele anglo-galice.

314. P. DIMO, L. GROZA şi G. MORAITE (R. P. Romînă). Optimizarea condiţiilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei reţele.

315. I. A. GRUZDEV, L. KUSUMOV, J. N. LUGINSKI, N. I. SOKOLOV şi V. A. VENIKOV (U.R.S.S.). Aplicarea maşinilor de calcul la analiza fenomenelor tranzitorii electromecanice în reţelele electrice.

316. R. VAN MEELE şi C. MARIQUE, C. H. MARCHAL şi L. NEELEMANS (Belgia). Progrese realizate în Belgia în studiul reţelelor.

317. C. E. BIRSTON şi K. H. WILLIAMSON (Canada). Controlul sarcinii şi frecvenţei la interconexiunile reţelei „Manitoba Hydro”.

318. H. BLOCH, W. FREY şi H. LUDER (Elveţia). Interconexiunea Elveţiei cu reţelele Europei occidentale.

318 bis. H. BOCH, W. FREY şi H. LUDER (Elveţia). Supliment la raportul nr. 318.

323. J. CSIKY (R. P. Ungară). Influenţa transformatoarelor reglabile şi a excitaţiei generatoarelor asupra tensiunii şi stabilităţii reţelelor.

324. G. MUZDEKA (R. P. F. Iugoslavă). O verificare experimentală a raportului între stabilitatea statică şi cea dinamică pe microreţeaua „Electricité de France”.

326. P. GAUSSENS, J. PARDIGON, CALVET, P. AUGES şi MESTRES (Franţa). Metode moderne de studii tehnico-economice ale reţelelor.

328. C. CONCORDIA, S. LALANDER, şi B. FAVEZ. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru concepţia şi funcţionarea reţelelor, nr. 13.

412. G. JANCKE, R. JENKINS, B. NORDSTRÖM şi şi L. NORLIN (Suedia). Vezi Grupa 42.

Grupa 34. *Teletransmisii*

302. S. C. BARTLETT (S.U.A.). Folosirea hiperfrecventelor de către întreprinderile de electricitate din S.U.A.

304. D. G. WOHLGEMUTH, D. A. GILLIES şi R. E. DIETRICH (S.U.A.). Încercări la faţa locului şi rezultate de exploatare cu un sistem de releu de transfer cu declanşare prin curenţii purtători trecînd peste defectele din linie.

311. A. BUCKENS, F. DENIS, M. HUBERLANT şi L. RICHARD (Belgia). Aparataj de transmisie ciclică pentru măsură, semnalizare, înregistrare şi comandă sub formă de impulsuri codificate. Aplicarea şi dezvoltarea în reţelele belgiene.

312. Y. L. BIKOVSKI, M. V. KOSTENKO, G. V. MIKUŢKI, N. V. ORLOV şi V. V. SIDELNIKOV (U.R.S.S.). Caracteristicile căilor de legătură prin curenţi purtători pe liniile de transport de energie.

319. E. ALSLEBEN. Valorile mărimilor caracteristice ale reţelelor de înaltă tensiune care trebuie considerate pentru stabilirea unui proiect de instalaţii de curenţi purtători şi date pentru măsurarea acestor mărimi. (Raport prezentat în numele Comitetului de studii pentru teletransmisiuni, nr. 14).

320. M. BARANOWSKY (Germania). Experimentarea în funcţionare a transmisiilor electrice cu frecvenţă purtătoare cu ajutorul conductoarelor de protecţie.

321. L. RICHARD. Raport asupra activităţii Comitetului de studii pentru teletransmisii, nr. 14 .

322. G. SEGRÉ şi F. PAGANI (Italia). Instalaţiile serviciului de dispecer al Grupului Edison.

Grupa 35. *Perturbaţii telefonice şi radiofonice*

111. B. GÄNGER, W. SIEMER şi H. J. VORWERK (Germania). Vezi Grupa 12.

303. L. O. BARTHOLD, W. S. PRICE şi R. H. SCHLOMANN (S.U.A.). Unele ipoteze importante în calculul nivelelor de zgomot de înaltă frecvenţă la linii de foarte înaltă tensiune.

308. J. L. W. HARVEY şi H. T. DAVIS (Australia). Coordonarea reţelelor de energie electrică şi de teletransmisii în Australia.

329. L. GOSLAND. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru perturbaţii radiofonice şi telefonice, nr. 11, cu anexele următoare:

— J. S. FOREST. Înregistrarea statistică a perturbaţiilor radiofonice.

— R. PELLISSIER şi J. S. FORREST. Măsurători în laborator ale perturbaţiilor radiofonice provocate de izolatoare şi evaluarea aproximativă a perturbaţiilor provocate în funcţionare.

— L. CSUROS. Perturbaţii radiofonice provocate de linii electrice de diferite tensiuni.

— A. DENNHARDT. Stingerea arcului de punere la pămînt într-o reţea de 20 kV cu bobine Petersen.

— A. T. PESONEN. Protecţia liniilor de telecomunicaţii prin dispozitive repartizate uniform.

— L. CSUROS. Înregistrarea tensiunilor induse în linii de telecomunicaţii şi creşterea potenţialului pămîntului în staţii.

331. P. LAURENT, C. GARY şi J. CLADÉ (Franţa). Comportarea staţiei de conversiune de la Boulogne-Eschingen din punct de vedere al interferenţelor telefonice şi radiofonice.

Secţia 4. **Tensiuni peste 220 000 V**

Grupa 41. *Coordonarea izolaţiei*

105. J. FRYXELL şi S. HARALDSEN (Suedia). Vezi Grupa 12.

401, J. G. ANDERSON, H. E. FIEGEL, J. H. HAGENGUTH şi A. F. ROHLFS (S.U.A.). Rigiditatea faţă de amorsarea arcului la liniile de foarte înaltă tensiune şi izolarea unei staţii.

403. V. PALVA, M. KARTTUNEN şi O. SETÄLÄ (Finlanda). Problemele coordonării izolaţiei cu referire specială la supratensiunile de manevră şi efectele lor asupra izolaţiei.

404. J. HUSE şi I. JOHANSEN (Norvegia). Amplasarea şi nivelul de protecţie a descărcătoarelor în staţiile de înaltă tensiune.

406. D. E. ARTENIEV, N. N. BELIAKOV, V. V. BURGSDORF, G. I. LISAKOVSKI, I. F. POLOVOI şi S. S. SHURE (U.R.S.S.). Nivelul supratensiunilor de manevră în reţelele de 110—220 kV.

410. H. BAATZ. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru coordonarea izolaţiei, nr. 15, cu anexele următoare :

— P. LAURENT şi M. MONNET. Raport asupra măsurării supratensiunilor de manevră efectuate în diverse ţări în reţele de înaltă tensiune.

— S. RUSCK. Comportarea la străpungere a izolaţiei externe în cazul supratensiunilor de manevră.

— D. M. CHERRY. Nivelul de izolare pentru echipamentul instalaţiilor neexpuse.

— 414. E. BAGALA (Italia). Trecerea supratensiunilor de de şoc prin transformatoare.

— 415. R. GERT, J. JIRKU, V. KALOUSEK şi V. VYSKOCIL (R.S. Cehoslovacă) Studiul statistic al supratensiunilor cu referire la coordonarea izolaţiei între faze şi la rigiditatea electrică faţă de supratensiunile interne.

416. T. HORVATH şi A. NAGY (R.P. Ungară). Metode şi rezultate experimentale din Ungaria cu privire la încercările la faţa locului ale nivelului de izolare al staţiilor.

Grupa 42. *Tensiuni foarte înalte*

201. B. BJURSTRÖM (Suedia). Vezi Grupa 21.

303. L. O. BARTHOLD, W. S. PRICE şi R. H. SCHLOMANN (S.U.A.) Vezi Grupa 35.

305. C. HAMDI-SEPEN (Turcia). Vezi Grupa 32.

310. N. KUNDSEN (Suedia). Vezi Grupa 32.

402. A. M. BAKER, C. M. FERGUSON, E. S. KOKSAN, P. L. LUMNITZER şi L. H. RODDIS (S.U.A.). Studii şi rezultate de exploatare la linia de foarte înaltă tensiune GPU-Penelec, funcţionînd la tensiuni pînă la 500 kV.

405. A. A. AKOPIAN, V. S. LISKOV, S. S. ROKOTIAN şi V. P. FOTIN (U.R.S.S.). Supratensiuni de manevră pe liniile de transport de 500 kV de lungime mare şi măsuri luate pentru limitarea lor.

407. V. D. KRAVCENKO, V. I. LEVITOV şi V. I. POPKOV (U.R.S.S.). Măsurarea pierderilor prin efect corona la liniile de 400—500 kV în funcţiune.

408. N. TANAKA (Japonia). Studiul şi exploatarea reţelei de transport de foarte înaltă tensiune în jurul regiunii metropolitane a oraşului Tokio.

409. R. BARTENSTEIN şi E. SCHÄFER (Germania). Măsurarea continuă a nivelelor de perturbaţii de înaltă frecvenţă provocate de liniile de înaltă tensiune şi evaluarea lor.

411. T. J. BURGESS (Canada). Întreţinerea liniilor sub tensiune (cu film).

412. G. JANCKE, R. JENKINS, B. NORDSTRÖM şi L. NORLIN (Suedia). Alegerea selfurilor de compensare şunt pentru reţeaua suedeză de 400 kV.

413. H. P. SMITH, N. J. McMURTRIE şi J. G. CASSAN (Canada). Reţeaua de foarte înaltă tensiune „ONTARIO HYDRO". Alegerea tensiunii, a conductorului şi a dispoziţiei fasciculelor.

417. A. CHORLTON, P. R. HOWARD, H. B. DREYFUS şi D. F. OAKESHOTT (Anglia). Condiţiile care au condus la adoptarea unei noi reţele de transport de 400 kV în Anglia şi în Ţara Galilor.

418. Z. KICINSKI şi A. OSTROMECKI (Argentina). Unele consideraţii despre compensarea serie şi şunt la liniile de transport de foarte înaltă tensiune.

419. PH. SPORN, FR. CAHEN şi M. MAGNIEN. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru transportul în curent alternativ la foarte înaltă tensiune, nr. 9, cu anexele următoare :

— G. JANCKE. Normalizarea internaţională a tensiunilor reţelelor de transport de tensiune foarte înaltă.

— W. CASSON. Comportarea în exploatare a liniilor peste 225 kV.

— R. PELISSIER. Raport al Grupului de lucru pentru perturbaţii radiofonice.

— FR. CAHEN şi M. MAGNIEN. Caracteristicile şi costul liniilor de tensiune peste 225 kV.

420. E. CONSTANTINESCU, P. MILITARU şi L. GROZA (R. P. Romînă), F. GROF şi I. NOVAK (R. S. Cehoslovacă). Interconexiunea la 400 kV între reţeaua romînească şi cea cehoslovacă.

Rapoarte care nu au fost supuse discuţiilor

Rapoartele următoare prezintă lucrările comitetelor de studii care nu figurează în programul sesiunii din 1962. Au fost prezentate cu titlu informativ şi pentru a ţine pe congresişti la curent cu lucrările acestor comitete de la sesiunea din 1960. Nu au fost supuse discuţiilor.

211. G. H. GILLAM. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru izolatoare, nr. 5.

213. O. D. ZETTERHOLM. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru linii aeriene, nr. 6.

214. J. PASCHOUD. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru stîlpi, nr. 7.

325. H. BAATZ. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru supratensiuni şi trăsnet, nr. 8, cu anexele următoare :

— H. BAATZ. Încercări la şoc comparate cu tensiunile de şoc la eclatoare.

— K. F. WAGNER. Descărcările prin trăsnet.

— N. HYLTEN-CAVALLIUS şi S. ANNESTRAND. Distorsiunea undelor progresive în cabluri electrice şi linii aeriene.

327. CH. DIETSCH. Raportul grupului de studii „Protecţie şi relee", cu anexele următoare :

— O. POSSNER. Protecţia liniilor duble şi multiple.

— L. ROCHE. Reanclanşarea automată monofazată în reţele de transport de energie electrică.

— J. GREVEN. Caracteristicile transformatoarelor de măsură.

— M. KAUFMANN. Releele cu tranzistoare pentru protecţie şi comandă.

— A. R. VAN C. WARRINGTON. Circuite imprimate pentru relee de protecţie.

330. CH. DIETSCH. Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii pentru protecţie şi relee, nr. 4.

330 bis. CH. DIETSCH. Supliment la raportul nr. 330.

Probleme discutate în grupele de lucru în cadrul sesiunii C.I.G.R.É.

I. Grupa de lucru nr. 15. Staţii de transformare şi conexiuni

În cadrul Grupei nr. 15 s-au prezentat şase rapoarte, dintre care numai cinci sînt legate direct de problemele staţiilor. Comentarea rapoartelor prezentate, care a prilejuit 18 intervenţii, a avut loc în ziua de 21.05.62, sub preşedinţia lui G. Jancke (Suedia), raportor special fiind A. Hochrainer (R.F.G.).

Raportorul special a grupat astfel problemele discutate:

— economicitatea concepţiei staţiilor;

— măsura şi evaluarea datelor specifice reţelelor;

— probleme de supratensiuni;

— acoperirea economică a vîrfurilor de sarcină ocazionale şi menţinerea siguranţei locale de alimentare.

1. Economicitatea concepţiei staţiilor

În rapoartele prezentate (116, 119, 151 şi 156) sînt arătate diferite modalităţi ce contribuie la realizarea unei concepţii mai economice a staţiilor de înaltă tensiune. Modalităţile prezentate, şi care au fost discutate în cadrul şedinţei, sînt următoarele:

1.1. Schemele clasice ale staţiilor privind dispoziţia fazelor, a sistemelor de bare şi a celulelor, examinate sub aspectul economic, al siguranţei şi al spaţiului ocupat pot fi îmbunătăţite. Se analizează (raportul 156) patru tipuri de scheme, denumite „noi'', ale căror avantaje şi dezavantaje sînt prezentate în raport cu anumite game de tensiuni. Se preconizează în special schema cu faze mixte, în care sistemele de bare şi separatoarele aferente sînt cu faze separate, şi celulele cu faze asociate. În discuţii — deşi s-au recunoscut avantajele deosebite ale acestei scheme (realizarea posibilă la toate tensiunile, extinderea uşoară cu noi celule, întreţinerea uşoară a sistemelor de bare, suprafaţa redusă a celulelor etc.) — s-au ridicat obiecţii legate de dificultăţile de exploatare. S-a menţionat însă că staţiile construite în această schemă (Franţa) au dus la o experienţă favorabilă.

Pe baza studiilor şi a experienţei se concretizează de asemenea (rapoartele 116 şi 156) distanţele ce trebuie respectate faţă de pămînt şi între faze în staţii. Fiind indicate valori numerice, cu rapoarte ale distanţelor între faze şi faţă de pămînt (1,12—1,30), a reieşit în concluzia discuţiilor purtate că apare posibilă o normalizare.

1.2. Folosirea la construcţia staţiilor a unui alt izolant decît aerul, la elementele sub tensiune, a fost prezentată în raportul 119. În staţii de acest tip (în construcţie în Suedia) sînt folosite bare colectoare şi separatoare de construcţie specială — pivotante — cu altă izolaţie decît aerul între faze şi faţă de pămînt, şi anume cu izolanţi solizi (răşini epoxidice, hîrtie bachelizată, hîrtie impregnată în ulei). Această soluţie — realizată pentru tensiuni între 30 şi 150 kV — apare ca posibilă pînă la 220 kV.

Pe lîngă reducerea deosebită de spaţiu (între 25 şi 65% din spaţiul minim necesar unei instalaţii obişnuite), fapt ce permite construirea economică a unor staţii interioare de înaltă tensiune, apar şi alte avantaje, şi anume: creşte deosebit vizibilitatea instalaţiilor, undele de supratensiuni atmosferice sînt amortizate de capacitatea barelor izolate, pericolul străpungerii izolaţiei dintre faze şi faţă de pămînt este mult redus, lungimea cablurilor de circuite secundare este apreciabil redusă, întreţinerea este simplă etc.

În discuţii s-a analizat aspectul necesităţii tratării, în cazul barelor izolate cu izolanţi solizi, a tuturor problemelor de izolaţie ce se pun pentru transformatoare.

1.3. În raportul 151 este prezentată folosirea separatoarelor de sarcină în cîteva reţele de 36 şi 150 kV, fapt ce a permis realizarea de scheme simplificate de staţii, sensibil economice. Sînt prezentate în amănunt încercările efectuate asupra acestui aparataj, înainte de introducerea în exploatare (Belgia).

Pentru 110 kV, separatoarele de sarcină — de construcţie obişnuită şi cu cuţit vertical — au prevăzut un dispozitiv auxiliar de stîngere a arcului. Stîngerea se realizează fie prin suflaj de aer comprimat sau azot, fie prin deschiderea rapidă — sub efectul unui resort — a unui cuţit auxiliar, la o anumită poziţie a cuţitului principal. La 36 kV se folosesc separatoare cu cuţit vertical, stingerea arcului realizîndu-se într-o cameră cu autosuflaj de gaz, aşezată în paralel cu cuţitul principal.

2. Măsurarea şi evaluarea datelor specifice reţelelor

Sub aspectul necesităţii deosebite a simplificării efectuării calculelor, legate de studiile tehnice şi economice, impuse de dezvoltarea reţelelor — calcule ce se execută cu multe dificultăţi datorită faptului că aparatele de măsură şi înregistratoarele clasice, care furnizează datele sub formă analogică, se adaptează greu folosirii calculatoarelor numerice — se examinează (raportul 156) posibilitatea transformării acestor aparate, în sensul ca mărimile să fie obţinute sub o formă numerică, folosibilă direct în calculatoare; sau — prin introducerea direct în aparatul de măsură a unui calculator simplificat — să se obţină direct rezultatul căutat.

Sînt prezentate două aparate de acest fel deja realizate (Franţa), şi anume:

— înregistratoare statistice de putere, care furnizează datele sub formă numerică, date ce pot fi folosite de maşinile numerice;

— voltmetre statistice, care posedă propriul lor organ de calcul.

3. Probleme de supratensiuni

Se prezintă (raportul 136) incidentele ce se produc în cazul tensiunilor foarte înalte, la reductoarele de tensiune capacitive. În circuitele secundare ale acestora apar supratensiuni de înaltă frecvenţă în timpul manevrării separatoarelor, supratensiuni care periclitează aparatele de măsură.

Concluziile au arătat că problema se poate rezolva prin folosirea de cabluri blindate puse la pămînt la ambele extremităţi şi eventual prin mărirea izolaţiei aparatelor de măsură.

4. Acoperirea economică a vîrfurilor de sarcină ocazionale şi menţinerea siguranţei locale de alimentare

În cadrul Grupei nr. 15 s-a prezentat şi raportul 132, raport care nu tratează probleme legate direct de staţii şi posturi, şi care se referă la posibilitatea satisfacerii în condiţii economice a vîrfurilor de sarcină ocazionale şi la menţinerea siguranţei alimentării unui punct anumit din reţea. În comparaţie cu alte soluţii se demonstrează avantajele folosirii de grupuri generatoare cu turbine cu gaze. Se descriu un grup de 3 MW în funcţiune şi un grup de 15/20 MW în construcţie.

Ing. Şt. Berenghi

II. Grupa de lucru nr. 32. Concepţia şi funcţionarea reţelelor

Ca şi la alte sesiuni, şi de această dată Grupa de lucru 32 a avut o importanţă specială în cadrul sesiunii, subiectele tratate fiind de interes pentru aproape toate domeniile de activitate ale C.I.G.R.É.

S-au prezentat 21 de rapoarte, din care 17 proprii şi 4 ataşate de la alte grupe. Şedinţa care a avut loc în ziua de vineri 25 mai 1962 a fost prezidată de C. Concordia (S.U.A.), avînd ca raportor special pe M. Magnien (Franţa).

Printre rapoartele importante comentate se află şi cele ale R.P.R., U.R.S.S. şi R.P.U.

Problemele discutate au fost grupate de către raportorul special pe următoarele categorii:

— Automatizarea reţelelor, în care se cuprind reglajul frecvenţei şi puterii între reţelele interconectate (reglajul secundar) şi repartiţia economică a sarcinilor (reglajul terţiar), precum şi aparatele de comandă şi calcul corespunzătoare.

— Funcţionarea reţelelor în regim perturbat şi stabilit, în care intră stabilitatea şi reglajul maşinilor sincrone în reţea, pe următoarele categorii de probleme:

— Comportarea maşinilor sincrone în regim perturbat; comportarea reţelelor în regim perturbat; furnizarea puterii reactive şi reglajul tensiunii.

— Echiparea şi planificarea reţelelor.

— Auxiliarele de calcul ale reţelelor.

În cele ce urmează se vor arăta problemele mai importante aşa cum au rezultat din rapoarte, discuţii şi concluziile stabilite în şedinţe.

1. Automatizarea reţelelor electrice (7 rapoarte)

1.1. *Reglajul frecvenţei şi puterii între reţelele interconectate*

S-au examinat următoarele probleme:

— Importanţa cunoaşterii parametrilor caracteristici, primele probleme din raportul special referindu-se la raportul romînesc 314.

S-a constatat că timpul de lansare şi statismul general pot fi determinate cu precizie mai mare dacă se ţine seama de condiţiile de optimizare a încercărilor propuse în raport.

S-a arătat prin studii teoretice şi experienţe în reţele că variaţiile de tensiune şi oscilaţiile rotorice ce urmează imediat după o deconectare bruscă de generatoare, linii de interconexiune sau sarcini pot fi reduse la minimum dacă se realizează o „liniştire" a regimului. Aceasta se poate obţine printr-un anumit dozaj al puterii reactive ce se deconectează o dată cu puterea activă şi printr-o „simetrizare" a reţelei, care urmăreşte anularea oscilaţiilor. Se atrage totodată atenţia că sînt şi alţi factori care influenţează rezultatele, în special, asupra statismului (R. 314).

— Mărimea optimă a zonelor de reglaj, după natura lor, dacă se adoptă reglajul mixt general sau în cazuri particulare reglajul de frecvenţă pură sau putere pură, importanţa alegerii energiei reglante secundare asupra calităţii reglajului, funcţionarea sistemelor în buclă închisă, caracteristicile regulatoarelor de viteză.

Se arată experienţa de exploatare şi considerente tehnico-economice asupra interconexiunii unei reţele de 850 MW cu o reţea puternică după principiul polarizării liniei de interconexiune, ceea ce revine la un reglaj mixt frecvenţă-putere cu blocaj (R. 317).

Experienţa de reglaj mixt al interconexiunii Elveţia-Europa occidentală şi realizarea unei mari bucle de interconexiune sînt prezentate împreună cu rezultatele încercărilor de determinare a caracteristicilor sistemului energetic elveţian. (R. 318 şi 318 bis).

— Se arată considerațiile care au stat la baza alegerii regulatoarelor de viteză la grupuri cu timp de lansare mic, cum sînt grupurile-bulb (R. 161).

Din discuții a rezultat, ca și la sesiunea precedentă, din 1960, că metodele de reglaj secundar sînt bine puse la punct, satisfăcînd exploatarea din punct de vedere al calității reglajului.

S-a arătat că utilizarea regulatoarelor de viteză electrice îmbunătățește și simplifică reglajul.

Problema mărimii optime a zonelor de reglaj a fost abordată, fără a se ajunge la vreo concluzie. Acest aspect va fi probabil aprofundat la sesiunile viitoare C.I.G.R.É., putînd duce, eventual, la reducerea numărului de centrale reglante și a investițiilor corespunzătoare.

1.2. *Repartiția economică a sarcinii (reglajul terțiar)*

Cu toate pregătirile și sugestiile ce s-au dat, un număr relativ mic de rapoarte s-au referit la această problemă. S-au purtat discuții în jurul metodelor matematice de calcul al pierderilor (metoda coeficienților B, Brownlee etc.), avantajele teoretice și practice pentru alegerea unuia dintre cele două tipuri de calculatoare : consultativ (de elaborare a programului pentru dispecer) sau de acționare directă. De asemenea, în funcție de necesitățile problemei, alegerea tipului optim : analogic sau numeric.

Se prezintă un calculator de tip analogic și unul de tip numeric, ambele avînd la bază o concepție originală în privința metodei matematice folosite de studiu al rețelelor. Aceste calculatoare, care se completează reciproc, sînt în funcțiune în R.F.G. (Bayernwerk), fiind folosite atît pentru dispecer cît și pentru studiile de concepție a rețelelor (R. 309).

Se arată importanța crescîndă a reglajului terțiar față de reglajul secundar (R. 328 și parțial R. 317).

Problema reglajului terțiar intră din ce în ce mai mult în preocuparea exploatării. Deocamdată metodele de reglaj sînt numai confruntate, nefiind încă posibil să se tragă concluzii asupra tipului de calculator optim.

2. Funcționarea rețelelor în regim perturbat și în regim stabilit (13 rapoarte)

2.1. *Comportarea mașinilor sincrone în regim perturbat*

S-a discutat problema alegerii optime a caracteristicilor regulatoarelor de tensiune. Ca și la sesiunea precedentă, interesul principal s-a concentrat în jurul posibilităților de ameliorare a stabilității cu ajutorul regulatoarelor de tensiune.

S-a dat un studiu detaliat al influenței diverselor elemente ce intervin în calcule, și anume rețea, alternator, sistem de excitație, arătîndu-se care sînt factorii care influențează favorabil sau defavorabil stabilitatea și dimensionarea economică a alternatoraelor (R. 108).

Se examinează în detaliu condițiile pe care trebuie să le îndeplinească un regulator de tensiune al unui hidrogenerator pentru a asigura stabilitatea statică la un transport la mare distanță (R. 301).

Se arată că prin excitarea mașinii în două axe se poate mări stabilitatea dinamică a grupurilor ce debitează pe linii lungi de transport (R. 305).

Calcule și studii pe microrețea, ambele ducînd la aceleași rezultate, arată că pot fi cazuri cînd limita de stabilitate dinamică este superioară celei de stabilitate statică (R. 324).

2.2. *Comportarea rețelelor în regim perturbat*

Problema reanclanșării s-a discutat într-o grupă de lucru a Comitetului de studii nr. 13 (R. 328), arătîndu-se experiența cîștigată în această problemă pentru tensiuni foarte diverse. S-a constatat că timpul-limită de reanclanșare nu este funcție decît de tensiunea nominală a liniei și de curentul de scurtcircuit.

Pe baza unor încercări efectuate într-o rețea de 345 kV, s-a determinat, pentru o serie de cazuri, o formulă foarte simplă a timpului necesar pentru deionizare (R. 307).

Lungimea critică a liniilor în cazul reanclanșării monofazate poate fi mult ridicată, pînă la 500 km de exemplu, în cazul utilizării bobinelor de inducție pentru stingerea arcului (R. 310).

Se dă o analiză detaliată a problemelor de stabilitate ce se pot pune în rețelele de înaltă tensiune la care sînt legate generatoare de mare putere (R. 313).

2.3. *Furnizarea puterii reactive și reglajul tensiunii*

S-au examinat următoarele aspecte ale problemei :

— reglajul tensiunii în regim permanent în marile ansambluri interconectate de 400 și 500 kV, cu ajutorul bobinelor de compensare transversală. S-a arătat în ce condiții apare mai avantajoasă montarea bobinelor direct la tensiunea înaltă, din următoarele motive : protecția mai ușoară la scurtcircuite, reducerea nivelului de izolație a liniilor, precum și considerente tehnico-economice (R. 412) ;

— modul de producție a puterii reactive în rețele, repartizată în baterii de condensatoare, în generatoare sau în compensatoare sincrone.

În rețelele în care regimul de funcționare este în apropierea limitei de stabilitate se caută optimul tehnico-economic între instalarea puterii reactive în generatoare sau la consumator (R. 313), din punctul de vedere al reducerii pierderilor și al siguranței de funcționare.

Pe baza unui studiu detaliat pentru rețeaua suedeză se arată că, datorită caracteristicilor superioare ale noilor baterii de condensatoare din punctul de vedere al pierderilor și prețului, devine avantajoasă utilizarea lor ca furnizoare de puteri reactive. Se arată cota-parte necesară pentru compensarea permanentă și pentru reglaj, precum și eficacitatea folosirii în acest scop a generatoarelor, în anumite limite (R. 109).

Un studiu efectuat într-o rețea italiană de distribuție de 200 MW a arătat că puterea reactivă maximă cerută de consumatori poate fi *împărțită* în trei părți egale : o parte să fie dată de rețea (mașinile sincrone), alta de baterii de condensatoare conectate în permanență și alta de baterii ce se pot deconecta după necesități (R. 152).

În concluzie s-a arătat că, pe baza unor studii tehnico-economice, fiecărei rețele îi corespunde un optim economic în privința dotării cu mijloace de compensare a puterii reactive ; se semnalează avantajele pe care le oferă bateriile de condensatoare moderne avînd indici ridicați.

Într-un raport prezentat din partea R.P.U. se arată pericolul de pierdere a stabilității în rețelele cu deficit de putere reactivă, acesta putînd fi uneori evitat printr-o acționare anumită asupra prizelor de reglaj ale transformatoarelor (R. 323).

Din discuții au rezultat următoarele :

— importanța alegerii regulatoarelor de tensiune cu parametrii ridicați pentru îmbunătățirea stabilității rețelelor ;

— interesul pe care îl prezintă bobinele de reactanță legate în derivație direct la tensiunea foarte înaltă a liniilor, din punct de vedere al stabilității, nivelului de izolație, reglajului puterii reactive etc. ;

— alegerea optimă a mijloacelor pentru compensarea puterii reactive în rețele n-a căpătat încă un răspuns definitiv, deși s-au adus unele contribuții în această problemă.

3. Echiparea și planificarea rețelelor (trei rapoarte)

Se prezintă atît unele probleme de interes general, cît și unele care reflectă mai mult sau mai puțin condițiile economice din unele țări occidentale (S.U.A., R.F.G., Franța).

S-a ajuns la conluzia că problema poate fi împărțită în trei aspecte sau etape, legate între ele :

— optimizarea momentană, în care s-au arătat metode noi (metoda injectărilor). Aici se cuprinde repartiția optimă a sarcinilor pentru momentele caracteristice ale curbei zilnice de sarcină. Se presupun cunoscute curba zilnică de sarcină și regimul hidraulic la hidrocentralele cu acumulare pe termen de circa o săptămînă—o lună ;

— optimizarea pe termen scurt, ținîndu-se seamă de consumul minim de combustibil la termocentrale, regimuri optime hidraulice pe bază de previziuni meteorologice de lungă durată, considerîndu-se și eventuale avarii posibile ;

— optimizarea pe termen lung — circa un an, pînă la 20 de ani. Aici se includ probleme de finanțare pentru construcția de centrale și rețele. Se examinează optimul economic general pentru o perioadă mai lungă. Se ține seamă, de exemplu, de problema mărimii optime a agregatelor, rentabilitatea hidrocentralelor cu pompare etc.

În rapoartele prezentate se arată următoarele aspecte particulare ale acestei probleme :

— utilizarea metodei simulării pentru aflarea optimului economic pe termen lung (R. 306) ;

— utilizarea calculatoarelor pentru concepție și exploatare, pe baze matematice noi, în care se folosește atît calculul analogic cît și cel numeric (R. 309) ;

— experiența franceză cîștigată în acest domeniu (R. 326), arătîndu-se și unele noțiuni noi (de exemplu data de schimbare a topologiei rețelelor).

S-au scos în evidență perspectivele ce se deschid pentru asemenea studii, ținîndu-se seamă de performanțele calculatoarelor moderne.

A rezultat din discuții că problema planificării rețelelor pe termen apropiat sau depărtat este încă la începuturile ei. Pentru termene depărtate, 10 sau 20 de ani, se pune problema centralelor nucleare, a căror economicitate este încă sub semn de întrebare. S-au discutat două metode de cercetare : programarea liniară, care ajută formarea unei idei generale asupra instalațiilor necesare a fi prevăzute, și simularea, care permite localizarea și fracționarea acestor instalații.

4. Auxiliarele de calcul al rețelelor (două rapoarte)

Problema mult discutată a auxiliarelor de calcul și a metodelor de studiu a fost prezentată numai în două rapoarte :

— posibilitățile calculului digital și ale calculului analogic sînt arătate de specialiștii sovietici din colectivul prof. Venikov, în special în problemele stabilității mașinilor sincrone legate la rețea. S-a ajuns la o reprezentare completă a mașinii sincrone, prevăzută cu aparataj de comandă (regulatoare de tensiune și viteză). S-a folosit acest fel de calcule la dimensionarea unor hidrogeneratoare de 500 MW și mai mult în curs de proiectare (R. 315) ;

— s-a prezentat o metodă nodală de rezolvare a repartiției sarcinii într-o rețea buclată. Metoda pare să fie rapid convergentă, grație aplicării unui coeficient de supracorecție. S-a prezentat, de asemenea, un calculator care permite rezolvarea ecuațiilor de stabilitate, constînd în adăugarea unui organ de calcul analogic la fiecare generator al unei mese de calcul cu impedanțe. Aparatul funcționează ca un analizor diferențial. Se obține astfel o bună reprezentare a schimburilor de putere în rețea în timpul oscilațiilor (R.316).

În discuții s-au arătat în plus următoarele: calcule în care intervine inversarea de matrice redevin de actualitate, datorită capacităților și vitezelor de calcul din ce în ce mai mari ale mașinilor cifrice. S-au arătat, de asemenea, de către specialiștii germani, posibilitățile metodelor topologice și ale potențialelor.

În concluzie s-a constatat dezvoltarea în continuare a calculului numeric și analogic pe analizoare diferențiale. Calculul regimurilor permanente revine exclusiv calculului numeric, iar pentru calculul analogic (analizoare diferențiale sau microrețele) rămîn problemele de regimuri tranzitorii, care conțin date neliniare. Chiar și în aceste din urmă probleme începe să fie folosit din ce în ce mai mult calculul numeric.

Ing. L. Groza

III. Grupa de lucru nr. 34. Teletransmisii

Lucrările grupei nr. 34 (Teletransmisii) au avut loc în ziua de 17 mai, dimineață și după-amiază. Funcția de președinte a fost îndeplinită de L. Richard (Belgia), iar raportor special a fost. A. Chevallier, inginer la „Electricité de France". La această grupă au fost prezentate opt rapoarte, inclusiv raportul de activitate al Comitetului de studii nr. 14 (Teletransmisii), rezultînd următoarele probleme mai importante:

1. Teletransmisii pentru conducerea exploatării sistemelor electrice

Raportul nr. 302 („Folosirea hiperfrecvențelor de către întreprinderile de electricitate din S.U.A.", autor S. C. Bartlett) se ocupă de folosirea în S.U.A. a canalelor hertziene, cu frecvențe de 960, 1900, 2200, 2600, 2700 și 12 500 MHz, pentru teletransmisiile necesare exploatării sistemelor energetice. Autorul face o comparație tehnico-economică între diferitele soluții posibile, ținînd seamă de distanță și numărul de canale, luînd în considerare, în condițiile economice din S.U.A., următoarele variante:

— curenți purtători pe liniile de înaltă tensiune (avantajoși economic, dar care pot duce la dificultăți datorită spectrului de frecvențe necesar și datorită complexității rețelei);

— linii telefonice închiriate (în general nu prezintă siguranța necesară, mai ales în timpul furtunilor);

— linii telefonice particulare (de asemenea expuse avariilor și, în general, scumpe);

— curenți purtători pe linii particulare (soluție scumpă);

— cabluri hertziene.

Din această comparație rezultă că soluția cu cabluri hertziene devine avantajoasă pentru un număr mare de canale (peste 6—24 canale), mai ales atunci cînd curenții purtători pe liniile de înaltă tensiune nu pot fi folosiți din diferite motive.

Raportul nr. 304 („Încercări la fața locului și rezultate de exploatare cu un sistem de releu de transfer cu declanșare prin curenți purtători trecînd peste defectele din linii", autori D. G. Wohlgemuth, D. A. Gillies și R. E. Dietrich, S.U.A.) conține rezultatele încercărilor și experienței de exploatare a unui sistem special de protecție prin relee, cu declanșare prin curenți purtători de 40—200 kHz. Acest sistem este destinat pentru o rețea de 300 și 345 kV, avînd în diferite puncte legate autotransformatoare direct, fără întrerupătoare, și este conceput să asigure declanșarea rapidă și simultană a întreruptoarelor, precum și o siguranță deosebită.

În raportul nr. 311 („Aparataj de transmisie ciclică pentru măsură, semnalizare, înregistrare și comandă sub formă de impulsuri codificate", autori A. Buckens, F. Denis, M. Huberlant și L. Richard—Belgia) se arată calea de dezvoltare aleasă pentru instalațiile de telemecanică în Belgia în ultimii ani. În acest scop se folosesc transmisiile ciclice, cu trenuri de impulsuri codificate. Toate instalațiile sînt tranzistorizate.

Raportul nr. 322 („Instalațiile serviciului de dispecer al Grupului Edison", autori G. Segré și F. Pagani, Italia) descrie instalațiile de telecomunicații care deservesc centrul de dispecer de la Milano, pus în funcțiune în 1960. Majoritatea legăturilor se fac în prezent prin curenți purtători de înaltă frecvență pe liniile de înaltă tensiune, fiind posibil în viitor să se introducă cabluri hertziene pe anumite tronsoane.

2. Teletransmisii prin conductoarele de protecție ale liniilor de înaltă tensiune

Cu această problemă se ocupă raportul nr. 320 („Experimentarea în funcționare a transmisiilor electrice cu frecvență purtătoare cu ajutorul conductoarelor de protecție", autor M. Baranowsky, Germania). Autorul arată experiența cîștigată pe două linii din Germania: o linie de 220 kV, 54 km și a doua de 110 kV, 15 km.

3. Mărimile caracteristice ale liniilor de înaltă tensiune pentru teletransmisiile prin curenți purtători

Raportul nr. 312 („Caracteristicile căilor de legătură prin curenți purtători pe liniile de transport de energie", autori Y. L. Bikovski, M. V. Kostenko, G. V. Mikuțki, N. V. Orlov și V. V. Sidelnikov, U.R.S.S.) conține rezultatele cercetărilor făcute în U.R.S.S., în cursul ultimilor ani, asupra căilor de legătură prin curenţi purtători pe liniile de energie. Autorii arată la început bazele teoretice pentru calculul parametrilor căilor de legătură prin curenţi purtători şi în continuare atenuările care apar, după calculele analitice şi după determinările experimentale.

În raportul nr. 319 („Valorile mărimilor caracteristice ale reţelelor de înaltă tensiune care trebuie considerate pentru stabilirea unui proiect de instalaţii de curenţi purtători şi date pentru măsurarea acestor mărimi", autor E. Alsleben) se dau valorile uzuale ale acestor mărimi caracteristice (nivele de zgomot, atenuări, impedanţe). Pornind de la raportul semnal/zgomot admisibil se poate întocmi astfel proiectul unei legături prin curenţi purtători pe liniile de înaltă tensiune.

Din discuţiile care au avut loc în cadrul grupei nr. 34 au rezultat următoarele aspecte mai interesante:

— În urma creşterii continue a volumului de teletransmisii, căile actuale de transmisie au devenit în general insuficiente. De aceea în unele ţări au început să fie introduse canalele hertziene, iar pe de altă parte se caută o mai bună folosire a căilor existente.

— Se constată o dezvoltare importantă a telemăsurilor ciclice în sistem binar.

— Liniile de 380 şi 220 kV cu conductoarele aşezate orizontal şi fără transpuneri prezintă atenuări mult mai mari decît liniile cu conductoarele aşezate în triunghi. Aceste atenuări cresc cu raportul $\frac{d}{h}$, unde d este distanţa între conductoare, iar h înălţimea medie deasupra solului, măsurată în dreptul stîlpilor.

Ing. E. Constantinescu

IV. Grupa de lucru nr. 35. Perturbaţii telefonice şi radiofonice

Lucrările grupei nr. 35 („Perturbaţii telefonice şi radiofonice") au avut loc în ziua de 18 mai, fiind conduse de L. Gosland (Anglia), preşedintele Comitetului de studii nr. 11, raportor special fiind M. Paimboeuf de la „Electricité de France". Din cele patru rapoarte prezentate şi din discuţii au rezultat următoarele probleme mai importante:

1. Perturbaţii de joasă frecvenţă

Raportul nr. 308 („Coordonarea reţelelor de energie electrică şi de teletransmisii în Australia", autori J. L. W. Harvey şi H .T. Davis) prezintă măsurile luate în Australia pentru a evita influenţa perturbatoare asupra liniilor de telecomunicaţii şi pericolul de electrocutare, ţinîndu-se seamă de condiţiile specifice locale, şi anume:

— existenţa unor linii aeriene foarte lungi, trecînd în bună parte prin regiuni nelocuite;

— folosirea unor sisteme speciale de distribuţie de medie tensiune (linii monofazate, linii monofazate cu întoarcerea prin pămînt);

— variaţii mari ale conductibilităţii electrice a solului.

În raportul nr. 329 („Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii nr. 11, autor L. Gosland) şi în anexele IV şi V la acest raport se discută următoarele probleme:

— Pregătirea unei noi ediţii revizuite a directivelor C.C.I.T.T.

— Stabilirea pentru curenţii de punere la pămînt a unor noi limite de la care devine necesară montarea bobinelor de stingere.

— Folosirea dispozitivelor uniform repartizate pentru protecţia liniilor de telecomunicaţie.

— Informaţii statistice asupra tensiunilor induse.

Raportul nr. 331 („Comportarea staţiei de conversiune de la Boulogne-Eschingen din punct de vedere al interferenţelor telefonice şi radiofonice", autori P. Laurent, C. Gary şi J. Cladé, Franţa) conţine studiile care au fost făcute în această privinţă şi care au condus la găsirea unor soluţii corespunzătoare, eficace şi economice, pentru micşorarea perturbaţiilor de joasă frecvenţă generate de instalaţiile de interconexiune Franţa — Anglia prin cabluri submarine de curent continuu de ± 100 kV.

2. Perturbaţii de înaltă frecvenţă

Aceste probleme sînt tratate în anexa I la raportul nr. 329, menţionat mai sus („Înregistrarea statistică a perturbaţiilor radiofonice", în anexa II a aceluiaşi raport („Măsurarea în laborator a perturbaţiilor radiofonice şi evaluarea aproximativă a perturbaţiilor care apar în timpul funcţionării liniilor") şi în raportul nr. 331, de asemenea menţionat mai sus.

3. Calculul cîmpului perturbator de înaltă frecvenţă produs de liniile de înaltă tensiune

Această problemă este tratată în raportul nr. 303 („Unele ipoteze importante în calculul nivelelor de zgomot de înaltă frecvenţă la linii de foarte înaltă tensiune", autori L. O. Barthold, W. S. Price şi R. H. Schlomann, S.U.A.), care se ocupă de zgomotul produs de conductoare, datorită efectului corona. Autorii cercetează condiţiile de producere a zgomotului, propagarea lui, efectul lungimii liniilor şi alte aspecte interesante.

Discuţiile care au avut loc în cadrul grupei nr. 35 (în total 15 intervenţii) s-au referit la aceleaşi probleme menţionate mai sus, conducînd la unele precizări şi în special la un foarte util schimb de experienţă între specialiştii din diferite ţări.

Ing. E. Constantinescu

V. Grupa de lucru nr. 41. Coordonarea izolației

Problemele principale cuprinse în rapoarte, și care au rezultat din discuțiile din cadrul ședinței, pot fi grupate pe următoarele categorii:

— măsurarea supratensiunilor de origine internă din rețele ;

— comportarea izolației la supratensiuni de origine internă ;

— dimensionarea izolației și protecția împotriva supratensiunilor.

De asemenea, în afara subiectelor preferențiale s-au discutat următoarele probleme :

— Supratensiunile ce trec prin transformatoare.

— Încercarea izolației la fața locului.

Ședința a fost prezidată de prof. H. Baatz (Germania), raportor special fiind dr. S. Rusck.

Un număr mare de probleme fac parte din preocuparea Comitetului de studii nr. 15, care de altfel a prezentat și un raport complet (R. 410).

În cele ce urmează vom prezenta problemele arătate în rapoarte, problemele mai interesante din cadrul discuțiilor și concluziile ce au rezultat.

1. Măsurarea supratensiunilor de origine internă din rețele

În anexa 1 la raportul 410 se dau rezultatele unui chestionar asupra tensiunilor de origine internă, observate în serviciu normal sau în cursul încercărilor pe viu din rețele (declanșare de linii și transformatoare în gol, observîndu-se în special comportarea întreruptorului).

Din răspunsurile, uneori incomplete, primite din 12 țări urmează a se trage concluzii în cadrul Comitetului de studii. Importanța acestor măsurători rezultă din utilitatea lor pentru dimensionarea izolațiilor și utilizarea paratonerelor.

Într-un raport sovietic (R. 406) se arată rezultatele unor probe de declanșare de linii și transformatoare în gol, rezultînd necesitatea utilizării pentru rețele de 110 — 220 kV a întreruptoarelor fără reamorsări ale arcului. Se arată că se pot naște supratensiuni periculoase în cazul reanclanșării automate trifazice, cînd fazele sănătoase păstrează astfel o sarcină capacitivă în momentul declanșării. Atît în acest raport cît și într-un raport cehoslovac (R. 415) se arată că, pe măsură ce se micșorează nivelul izolației, problema supratensiunilor între faze începe să fie de interes. Pînă în prezent, izolația între faze s-a dimensionat la fel ca și cea între fază și pămînt.

S-a găsit că raportul supratensiunilor între faze față de acela între fază și pămînt se micșorează pe măsură ce factorul de supratensiune devine mai mare.

Pe baza unor calcule de probabilitate se arată că la o dimensionare a izolației corespunzătoare pericolul de supratensiuni este mai mic. Un raport finlandez (R. 403) arată că în rețelele de 110—220 kV cu neutrul pus direct la pămînt prin utilizarea întreruptoarelor lipsite de reamorsări ale arcului nu se produc supratensiuni de origine internă periculoase.

Se poate avea în vedere, deci, o diminuare a nivelului de izolație. Acest lucru este valabil și pentru rețelele de distribuție de 20 kV cu neutru izolat sau tratat cu bobină.

În discuții s-a arătat rezultatul unor încercări din S.U.A., efectuate cu două laboratoare mobile. Pe baza a 1 500 de oscilograme s-a constatat că supratensiunile maxime nu depășesc de două ori tensiunea nominală a rețelei. Numai la reanclanșări rapide s-a găsit la 5—10% din cazuri valoarea de 2,9. S-au arătat, de asemenea, rezultatele unor măsurători din R.F.G. la 110 kV pe bandă magnetică. S-a constatat, în concluzie, că atît înregistrările automate cît și aparatele de măsură statistică sînt de folos, ele completîndu-se reciproc.

2. Comportarea izolației la supratensiuni de origine internă

În anexa 2 a raportului 410 al Comitetului de studii se arată rezultatul măsurătorilor efectuate în acest scop. Tensiunea de conturnare, obținută cu ajutorul undelor plate, poate scădea pînă la valorile obținute cu unde de frecvență industrială. S-a pus problema formei de undă care să fie reprezentativă, avînd în vedere importanța acestor supratensiuni în problema reducerii nivelului izolației.

A fost prezentat un raport american amănunțit în această problemă (R. 401), în care pentru tensiuni nominale de 345 kV și mai mari, se arată încercările efectuate la izolatoare și eclatoare, cu tensiunea de 60 Hz și cu tensiunea de șoc pe uscat și ploaie. Pentru intensitatea cîmpului în momentul conturnării are valori de 1,8 kV/cm la o distanță maximă de 10 m și 3,2—4,4 kV/cm în condiții medii. Asemenea rezultate se consideră ca foarte folositoare pentru dimensionarea izolației rețelelor la tensiuni foarte înalte.

Rezultatele în acest domeniu se dau și în alte rapoarte (R.415 și R. 413). Din discuții a rezutat că, în încercările cu frontul de undă mai puțin abrupt, numai alura undei pînă la valoarea maximă este de importanță. S-au arătat rezultatele unor încercări și din alte țări.

O problemă nouă importantă, dezbătută la această sesiune, este aceea a supratensiunilor între faze care pot depăși supratensiunile fază-pămînt, introducîndu-se astfel un nou criteriu în problema coordonării izolației.

Importanța acestei probleme pare să fie mai mare pentru tensiunile medii.

În privința formei undei de referință care trebuie utilizată în încercări nu s-a ajuns încă la o concluzie definitivă, întrucît nu se cunoaște încă suficient de exact forma reală a supratensiunilor de origine internă.

3. Dimensionarea izolației și protecția împotriva supratensiunilor

În anexa 3 a raportului 410 al Comitetului de studii se arată în ce condiții și în ce țări se folosește un nivel de izolație mai redus față de directivele generale. S-a constatat că acest lucru este valabil în general pentru rețelele care nu sînt supuse supratensiunilor atmosferice, sau care au mijloace speciale de protecție împotriva lor. Tensiunea acestor rețele este în general sub 20 kV. Rezultatele s-au predat Comitetului tehnic nr. 28 al C.E.I.

Din discuții au rezultat următoarele:

În Franța s-a hotărît să se folosească un nivel de izolație redus (95 kV nivel fundamental de izolație la șoc) în rețelele de 20 kV, care parțial provin din transformarea rețelei de 15 kV. Rezultatele experimentale au fost mulțumitoare.

În S.U.A. s-au adoptat două nivele deosebite pentru rețelele obișnuite de 15 kV, stațiile ridicătoare avînd un nivel mai ridicat decît cele coborîtoare. Introducînd paratonere, poate fi adoptat în general un nivel coborît de izolație. S-a discutat dacă acest lucru nu este în contradicție cu continuitatea de alimentare. Sînt necesare încă informații statistice cît și introducerea unor măsuri de protecție în stații. Influența paratonerului este analizată într-un raport norvegian (R. 404), în ipoteza că acesta se află la o anumită distanță de transformatorul protejat dintr-o stație de la capătul unei linii. Cercetările s-au efectuat pe model.

Această problemă a trezit interes, arătîndu-se că, în cazul în care postul are dimensiuni importante și instalația este concentrată în jurul punctului unde se află paratonerul, calculele simple sînt insuficiente pentru a defini zona de protecție oferită de paratoner. Trebuie ținut seamă de dimensiunile liniare ale postului, structura sa, capacitatea transformatoarelor în raport cu masa lor, aceasta fiind o problemă ce merită să fie aprofundată dacă este necesar să se cunoască eficacitatea reală a paratonerelor.

În concluzie, s-a constatat că problema reducerii nivelului de izolație este legată direct de supratensiunile de comutație, fiindcă în general paratonerele asigură la ora actuală o protecție eficace, în special contra trăsnetelor. Problema a fost discutată în special pentru tensiuni sub 100 kV, unde nivelul acestor supratensiuni este destul de redus. În acest caz se poate avea în vedere coborîrea paralelă a nivelului tensiunilor de încercare la șoc și frecvență industrială. Acesta din urmă este legat direct de comportarea materialului la tensiunea de serviciu.

4. Alte probleme

Au mai fost prezentate următoarele probleme interesante:

Se arată modul de încercare a izolațiilor în instalațiile pînă la 35 kV din Ungaria (R. 416). Se arată caracteristicile unui laborator mobil care folosește și la descoperirea defectelor de izolație.

Se arată că la alimentarea rețelelor de înaltă tensiune prin grupuri — bloc generator — transformator se transmit unde de supratensiuni în generatoare prin transformatoare (R. 414). Pe baza unei experiențe pe model se arată metodele de protecție corespunzătoare. Din discuții a rezultat că cel mai bun mijloc de protecție este paratonerul montat între faze, întrucît aceste supratensiuni sînt de frecvență joasă.

Ing. L. Groza

VI. Grupa de lucru nr. 42. Transportul energiei electrice în curent alternativ de foarte înaltă tensiune

Lucrările Grupei nr. 42 (Transportul energiei electrice în curent alternativ de foarte înaltă tensiune) au avut loc în ziua de 24 mai, înainte și după amiază. Discuțiile au fost conduse de către dr. Ph. Sporn (S.U.A.), vicepreședinte al consiliului de administrație C.I.G.R.É. și președinte al Comitetului de dezvoltare a sistemelor electrice de la ,,American Electric Power Service Corporation''. Raportor special a fost Fr. Cahen, inginer consilier la ,,Electricité de France''.

În cele 11 rapoarte prezentate în cadrul Grupei nr.42, în raportul Comitetului de studii nr. 9 și din discuțiile care au avut loc în timpul lucrărilor grupei — în legătură cu aceste rapoarte — au fost ridicate un mare număr de probleme, dintre care mai importante sînt următoarele:

1. Normalizarea noilor trepte de tensiuni

Această problemă, de importanță deosebită pentru economia tuturor țărilor, a fost ridicată în raportul nr. 419 (,,Raport asupra lucrărilor comitetului de studii pentru transportul prin curent alternativ de înaltă tensiune'', autori Ph. Sporn, F. Cahen și M. Magnien) și în anexa nr. 1 a acestui raport (,,Normalizarea internațională a tensiunilor rețelelor de transport de foarte înaltă tensiune'', autor G. Jancke). În primul rînd se scoate în evidență importanța acordului realizat în 1961, în

Comitetul de studii nr. 30 al C.E.I., cu privire la normalizarea tensiunilor pînă la 500 kV inclusiv:

Tensiunea cea mai ridicată a rețelei, kV	Tensiunea nominală a rețelei, kV
300	275 și 287,5
362	330 și 345
420	380 și 400
525	500

Acest acord va conduce în primul rînd la înlăturarea confuziei existente în intervalul 300—400 kV, în care în prezent se folosesc numeroase tensiuni nominale, foarte puțin diferite între ele.

În continuare, raportul arată că încă de acum se simte nevoia să se ia în considerare, pentru viitor, o tensiune nominală mai ridicată, de 700—800 kV, atît pentru realizarea unor interconexiuni foarte puternice între sistemele electrice ale unei țări sau ale mai multor țări cît și pentru a se asigura transportul unor puteri foarte importante, de ordinul 2 000 MW, de la centrele producătoare puternice, situate la distanțe mari de centrele consumatoare. Cu privire la această treaptă viitoare s-a căzut de acord, pînă în prezent, că tensiunea cea mai ridicată a rețelei va fi cu 5% mai mare decît tensiunea nominală și că nu va exista nici o treaptă intermediară între tensiunea 500 kV și nivelul 700—800 kV.

Avînd în vedere diferențele relativ mici între punctele de vedere exprimate de diferite țări (s-a propus tensiunea nominală de 700 kV sau 750 kV) și că argumentele de natură tehnică și economică în favoarea uneia sau alteia dintre aceste soluții nu sînt hotărîtoare, se speră că la viitoarea reuniune C.E.I.* se va ajunge la un acord, mai ales dacă se iau în considerare și eforturile făcute în cadrul C.I.G.R.É., în acest scop.

În ceea ce privește tensiunile pînă la 500 kV, în raportul special al Grupei nr. 42 (autor Fr. Cahen) se constată că noile rețele anunțate în mai multe rapoarte prezentate la actuala sesiune se încadrează deja toate în proiectul convenit pentru tensiunile normalizate: S.U.A. — 500 kV; Canada — 500 kV (exploatare inițială la 460 kV); Japonia — 400 kV; Anglia — 400 kV; R.P.R. și R.S.C. (linie de interconexiune) — 400 kV.

2. Dezvoltarea rețelelor de tensiuni foarte înalte

Această problemă este tratată în cinci din rapoartele prezentate.

În raportul nr. 402 („Studii și rezultate de exploatare la linia de foarte înaltă tensiune GPU*-Penelec, funcționînd la tensiuni pînă la 500 kV", autori A.M.Baker, C.M. Ferguson, E.S. Koksan, P.L.Lumnitzer și L.H. Roddis din S.U.A.) se descrie o linie experimentală, în lungime de 13 mile, pusă în funcțiune în 1960 la tensiuni de exploatare cuprinse între 460 și 500 kV. Această linie, prin care se transportă o putere redusă de circa 60 MW, servește pentru studierea a numeroase probleme, dintre care menționăm: comportarea stîlpilor din punct de vedere mecanic, vibrația conductoarelor, perturbațiile radiofonice, supratensiunile atmosferice, precum și efectuarea de lucrări sub tensiune. De aceea linia este echipată cu diferite tipuri de stîlpi metalici și de lemn și diferite conductoare, simple sau în fascicul.

Raportul nr. 408 („Studiul și exploatarea rețelei de transport de foarte înaltă tensiune în jurul regiunii metropolitane a orașului Tokio", autor N. Tanaka — Japonia) descrie o rețea de 275 kV construită în jurul orașului Tokio și pusă în funcțiune în 1960. Liniile sînt cu dublu circuit, pe suporți metalici, fiecare fază fiind formată dintr-un fascicul cu două conductoare de oțel-aluminiu, 330 mm². O problemă foarte importantă, care a trebuit să fie rezolvată, a fost comportarea în timpul taifunurilor, atît din punct de vedere mecanic cît mai ales în ceea ce privește depunerile de sare pe izolatoare (s-au constatat depuneri de sare de circa 0,5 mg/cm² în timpul unui singur taifun). De aceea linia a fost prevăzută cu o izolație întărită pe măsură ce se apropie de ocean, iar în stații s-au luat măsuri de acoperire cu un amestec de siliconi sau de spălare a izolatoarelor, în sezonul taifunurilor.

În raportul nr. 413 („Rețeaua de foarte înaltă tensiune Ontario Hydro. Alegerea tensiunii, a conductorului și a dispoziției fasciculelor", autori H.P.Smith, N.J.McMurtrie și J.G.Cassan — Canada) se dau caracteristicile unor rețele noi de transport care se realizează în prezent în Canada. În urma calculelor comparative făcute s-a ales tensiunea nominală de 460 kV (tensiunea maximă 483 kV), dar liniile sînt construite pentru tensiunea nominală de 500 kV, la care vor putea fi trecute în viitor, dacă va fi necesar. S-au prevăzut suporți metalici ancorați tip V. În urma cercetărilor făcute în special cu privire la pierderile corona și perturbațiile radiofonice, linia a fost construită cu următoarele caracteristici:

— tensiunea de conturnare la șoc — 1675 kV;

— lanțul de izolatoare — 24 elemente de 5 3/4 inci.

— construcția unei faze — fascicul de 4 conductoare cu diametrul de 18 inci.

---

* Această reuniune a avut loc la București în iunie 1962, hotărîndu-se ca discuția cu privire la tensiunea de 700—750 kV să aibă loc în 1963.

* General Public Utilities — Pennsylvania Electric Company.

Raportul nr. 417 („Condiţiile care au condus la adoptarea unei noi reţele de transport de 400 kV în Anglia şi în Ţara Galilor", autori A.Chorlton, P.R. Howard, H.B. Dreyfus şi D. F. Oakeshott — Anglia) arată că, în urma creşterii consumului de energie electrică şi a distanţelor de transport, în regiunile respective, a devenit necesară o reţea nouă de 400 kV. Aceasta se va realiza prin construirea de linii noi şi prin trecerea la 400 kV a liniilor existente de 275 kV, ai căror stîlpi şi conductoare au fost de la început dimensionate pentru această tensiune şi la care va fi deci necesar numai să se lungească lanţurile de izolatoare. Tensiunea de 275 kV va fi păstrată numai în zonele cu densitate foarte mare de consum sau în zonele periferice. Liniile transformate vor fi prevăzute cu două conductoare pe fază, cu diametrul de 28, 6 mm, iar liniile noi, de mare capacitate de transport, cu patru conductoare pe fază, de acelaşi diametru.

Raportul nr. 420 („Interconexiunea la 400 kV între reţeaua romînească şi cea cehoslovacă", autori E.Constantinescu, P.Militaru, L.Groza — R.P.R.—, F. Grof, I. Novak—R.S.C.), în care se arată principalele caracteristici ale acestei interconexiuni, este publicat integral în această revistă.

În timpul discuţiilor în legătură cu aceste probleme s-a analizat în special creşterea rapidă a curenţilor de scurtcircuit, ca urmare a creşterii puterilor instalate şi dezvoltării interconexiunilor. Ca remedii s-au menţionat secţionarea reţelelor şi interconectarea lor la o tensiune mai înaltă, precum şi introducerea curentului continuu de înaltă tensiune pe anumite linii de interconexiune. De asemenea s-a mai discutat, în legătură cu introducerea tensiunilor foarte înalte, problema construirii de linii transformabile în comparaţie cu exploatarea provizorie a liniilor la tensiuni mai mici decît cele pentru care au fost construite.

3. Probleme tehnice ale transportului de energie electrică la tensiuni foarte înalte şi mare distanţă (stabilitate, reglaj şi supratensiuni interne)

În raporul nr. 405 („Supratensiuni de manevră pe liniile de transport de 500 kV de lungime mare şi măsuri luate pentru limitarea lor", autori A.A.Akopian, V.S. Liskov, S.S. Rokotian şi V.P.Fotin — U.R.S.S.) este arătată o parte din bogata experienţă a U.R.S.S. în această problemă. Autorii arată că la aceste linii — datorită lungimii mari, impedanţelor caracteristice reduse (ca urmare a folosirii conductoarelor fasciculare), condensatoarelor-serie, care produc supratensiuni subarmonice, şi pierderilor mici de energie (circuite cu amortizare redusă) — supratensiunile interne pot să atingă valori importante. Se expun apoi rezultatele cercetărilor făcute în U.R.S.S., pe modele reduse sau direct în reţele, pentru determinarea supratensiunilor care apar în cazul anclanşării liniilor în gol, întreruperii defectelor nesimetrice, întreruperii în opoziţie de fază datorită pierderii sincronismului.

La sfîrşit se arată metodele de protecţie folosite împotriva supratensiunilor interne. Pentru supratensiunile de frecvenţă industrială se folosesc bobinele-şunt de compensare transversală, care se conectează automat şi rapid — în cazul apariţiei unei supratensiuni — cu ajutorul unui eclator montat în paralel cu întrerupătorul bobinelor. Împotriva supratensiunilor tranzitorii se prevăd desărcătoare cu rezistenţă variabilă şi suflaj magnetic, care asigură în acelaşi timp şi protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice. Aceste descărcătoare au două nivele de protecţie : nivelul superior, cu rezistenţă mică, pentru supratensiunile atmosferice, şi nivelul inferior, la care rezistenţa are o valoare mai mare, pentru supratensiunile interne, curentul fiind stins cu ajutorul suflajului magnetic.

Raportul nr. 412 („Alegerea selfurilor de compensare-şunt pentru reţeaua suedeză de 400 kV", autori G. Jancke, R. Jenkins, B. Nordström şi L. Norlin — Suedia) analizează în special elementele care trebuie să fie avute în vedere la alegerea bobinelor de compensare transversală :

— alegerea locului de racordare (la bornele alternatoarelor, la înfăşurarea terţiară a transformatoarelor sau direct la foarte înaltă tensiune) ;

— determinarea puterii totale a bobinelor, a puterii lor unitare şi a repartiţiei lor în reţea ;

— aparatele folosite pentru racordarea bobinelor şi condiţiile în care sînt deconectate.

Din calculele tehnico-economice efectuate rezultă că soluţia optimă depinde în mare măsură de aparatele de comutaţie şi de protecţie folosite pentru bobine. Pentru viitor se estimează că cel puţin jumătate din bobinele de compensare transversală care vor fi necesare în Suedia se vor racorda direct la 400 kV.

În raportul nr. 418 („Unele consideraţii despre compensarea-serie şi şunt la liniile de transport de foarte înaltă tensiune", autori Z. Kicinski şi A.Ostromecki — Argentina) se prezintă o metodă de calcul simplă, dar aproximativă, care permite să se determine direct soluţia optimă de compensare — longitudinală prin condensatoare, sau transversală prin bobine — a unei linii de foarte înaltă tensiune.

Din discuţiile purtate a rezultat importanţa deosebită, la tensiuni foarte înalte, a compensării longitudinale şi transversale. De asemenea s-a constatat tendinţa, care se manifestă astăzi, de a se racorda bobinele-şunt direct pe partea de foarte înaltă tensiune, ceea ce poate conduce la reducerea supratensiunilor, a nivelului de izolare şi, prin aceasta, la importante avantaje economice.

4. Lucrul sub tensiune la liniile de foarte înaltă tensiune

În raportul 411 („Întreţinerea liniilor sub tensiune", autor T.J.Burgess — Canada) sînt arătate rezultatele cercetărilor experimentale făcute pe o linie de 460 kV pentru a se determina condiţiile în care se pot efectua lucrări sub tensiune: distanţele minime de apropiere, curenţii care trec prin corpul operatorilor, uneltele necesare şi metodele de lucru. Autorii ajung la concluzia că legarea la pămînt a corpului operatorului este preferabilă izolării, iar metoda nacelei izolate ridicată în mijlocul conductoarelor este mai periculoasă decît folosirea uneltelor izolate construite pentru efectuarea de lucrări la distanţă.

În timpul discuţiilor care au urmat, aceste concluzii au fost mult combătute, arătîndu-se că la tensiuni foarte înalte uneltele izolate devin foarte lungi şi manipularea lor foarte dificilă, devenind mai avantajoasă — din această cauză — metoda nacelei izolate. La tensiuni mai mici poate deveni mai avantajoasă folosirea uneltelor izolate.

5. Efectul corona, perturbaţiile radiofonice

Raportul nr. 407 („Măsurarea pierderilor prin efect corona la liniile de 400—500 kV în funcţiune", autori V. D. Kravcenko, V.I.Levitov şi V.I. Popkov — U.R.S.S.) prezintă o metodă nouă, recunoscută în timpul discuţiilor ca foarte ingenioasă, pentru măsurarea pierderilor corona trifazice la liniile în funcţiune, problemă pînă în prezent nerezolvată la tensiuni foarte înalte. În acest scop se folosesc antene paralele cu conductoarele aşezate sub linie, legate la pămînt prin condensatoare. Un dispozitiv special anulează componenta reactivă a sarcinii antenelor, rămînînd astfel numai sarcinile active, legate de pierderile corona, care se pot măsura şi pot fi înregistrate. Rezultatele măsurătorilor de durată făcute cu acest dispozitiv au furnizat date foarte interesante cu privire la pierderile corona în diferite condiţii atmosferice şi de încălzire a conductoarelor. Rezultă că este posibil să se prevadă mărimea acestor pierderi în timpul exploatării liniilor, cu o suficientă aproximaţie, cu condiţia să se cunoască durata, cantitatea şi caracteristicile precipitaţiilor atmosferice.

În raportul nr. 409 („Măsurarea continuă a nivelelor de perturbaţii de înaltă frecvenţă provocate de liniile de înaltă tensiune şi evaluarea lor, autori R.Bartenstein şi E.Schäfer — R.F.G.) se dau rezultatele înregistrărilor de lungă durată făcute în apropierea unei linii duble, echipată cu un circuit de 400 kV, cu patru conductoare pe fază şi un circuit de 220 kV, cu două conductoare pe fază. În acest fel se stabileşte o relaţie clară între nivelul perturbaţiilor de înaltă frecvenţă şi starea suprafeţei conductoarelor (uscată sau umedă).

Problema perturbaţiilor radiofonice este tratată şi în raportul nr. 419, anexa 3 („Raportul grupei de lucru pentru perturbaţii radiofonice", autor R. Pelissier), care se ocupă mai întîi de aparatele de măsură şi înregistrare şi apoi de metodele de predeterminare a perturbaţiilor. În această privinţă se ajunge la concluzia că metoda analitică, propusă la C.I.G.R.É. în 1952, raportul nr. 406, este în general mult mai exactă decît metoda comparativă, prin care se deduce nivelul perturbator la o linie nouă din măsurătorile efectuate anterior pe alte linii.

În concluzie, se poate spune că din rapoartele prezentate şi discuţiile purtate în cadrul Grupei nr. 42 rezultă că în numeroase ţări au devenit necesare şi se construiesc reţele de tensiuni foarte înalte, care se vor dezvolta rapid în viitor. De asemenea dezbaterile au condus la precizări foarte importante şi la un schimb de experienţă foarte util într-o serie de probleme, cum ar fi supratensiunile interne, efectul corona, efectuarea de lucrări sub tensiune.

Ing. **E. Constantinescu**

Probleme discutate în comitetele de studii C.I.G.R.É.

I. Comitetul de studii nr. 7. Stîlpi și fundații

În zilele de 21 și 22 mai 1962, în același timp cu lucrările celei de-a 19-a sesiuni CIGRÉ, s-a întrunit la Paris Comitetul de studii CIGRÉ nr. 7, pentru stîlpi și fundații. Lucrările au fost conduse de J. Paschoud, președintele Comitetului de studii nr. 7, profesor la Școala politehnică a Universității din Lausanne (Elveția). La ședințe au luat parte membrii Comitetului de studii nr. 7, reprezentanți ai Comitetului de studii înrudit nr. 6 (Conductoare) și un mare număr de experți, în total peste 60 participanți din 19 țări diferite.

În ziua de 21 mai au fost puse în discuție diferite probleme în legătură cu stîlpii liniilor de înaltă și foarte înaltă tensiune, dintre care mai importante au fost următoarele:

1. Tipuri noi de stîlpi

Din discuții a rezultat atenția de care se bucură în diferite țări (U.R.S.S., Italia, Canada, Finlanda și R.P.Polonă) tipurile noi de stîlpi ancorați, care—datorită avantajelor economice importante la care conduc — au fost deja introduși pe scară largă la liniile de foarte înaltă tensiune (de exemplu în U.R.S.S., Finlanda și Canada). Una dintre problemele interesante discutate a fost reglajul ancorelor, pentru care s-a hotărît să se facă în viitor un raport.

Cu această ocazie au fost scoase în evidență și realizările din R.P.R., în ceea ce privește încercarea și introducerea stîlpilor ancorați metalici și de beton armat la liniile de 220 kV și 400 kV.

În unele țări (de exemplu R.F.G.), datorită dificultăților din ce în ce mai mari de a găsi trasee libere pentru liniile aeriene, se folosesc stîlpi pentru circuite multiple, și anume linii cu patru circuite la 220 kV și cu două circuite la 400 kV.

În Franța, preocupările de ordin estetic au condus la elaborarea unor tipuri speciale de stîlpi, construiți din țevi metalice, avînd un aspect deosebit, care vor fi folosiți pe porțiunile de linii din apropierea unor importante monumente arhitectonice sau naturale.

2. Dimensionarea stîlpilor

Avînd în vedere structura din ce în ce mai complexă a stîlpilor metalici folosiți astăzi, ceea ce conduce practic la imposibilitatea de a se determina exact — prin calcule analitice — eforturile care apar în diferite elemente componente ale unui stîlp, proiectanții de linii se orientează în prezent în unanimitate către verificarea proiectelor de stîlpi prin încercări la scară naturală și eventual la scară redusă. În această privință au fost supuse discuțiilor următoarele probleme:

— viteza de creștere (t/min) a sarcinilor de încercare;

— treptele alese pentru sarcinile de încercare și pentru efectuarea măsurătorilor;

— durata de menținere a sarcinii nominale;

— ordinea în care se efectuează încercările și revenirile la sarcină nulă;

— încercările de distrugere a stîlpului.

În continuare a fost pusă în discuție problema influenței pe care o are deplasarea fundațiilor asupra structurii și comportării stîlpilor. Din experiențele făcute și datele de exploatare înregistrate a rezultat că deplasarea rigidă a ansamblului format din stîlp și fundații în general nu are consecințe grave, în timp ce deplasarea izolată a unui picior sau a unei perechi de picioare poate conduce la solicitări secundare foarte periculoase pentru stîlpi. Din acest punct de vedere, stîlpii de întindere, colț sau terminali sînt mai expuși decît stîlpii normali de susținere, care au o elasticitate mai mare. În general s-au desprins tendința de supradimensionare a fundațiilor, mai ales în terenuri slabe, pentru a se menține deplasările fundațiilor la valori nepericuloase, de ordinul 3 ‰ din lățimea bazei stîlpului, dar nu mai mult de 2—3 cm.

3. Coeficienți de siguranță

Problema coeficienților de siguranță economici, determinați pe bază de calcule statistice și de probabilitate, problemă ridicată prima dată la sesiunea CIGRÉ 1960*, a fost discutată pe larg, creîndu-se în acest scop și o grupă permanentă specială de lucru, în care a fost cooptat și ing. E. Constantinescu. Din discuții a rezultat concluzia unanimă că singura metodă care poate să conducă la rezultate practice este cercetarea statistică a soluției celei mai economice, în condițiile date, de unde să rezulte, apoi, recomandări cu privire la coeficienții de siguranță ce urmează a fi adoptați. Această concepție de dimensionare a liniilor și a instalațiilor energetice în general, singura care poate conduce la soluții corecte din punct de vedere economic, este foarte complexă și necesită în prealabil elaborarea unor metode de cercetare detaliate, din care au fost analizate următoarele:

— clasificarea avariilor liniilor electrice aeriene;

— examinarea cauzelor normale sau extraordinare care pot provoca aceste avarii;

---

* Raportul nr. 220. E Constantinescu și N. Borza. Coeficienții de siguranță economici ai liniilor electrice aeriene.

— cercetările statistice cu privire la condițiile atmosferice;

— folosirea calculelor de probabilitate.

3. Folosirea mașinilor electronice pentru calculul liniilor electrice

Din discuții a rezultat că, în prezent, următoarele probleme sînt rezolvate în diferite țări (Franța și Italia) cu ajutorul calculatoarelor electronice:

— calculul mecanic al conductoarelor, pornind de la ecuația de stare generală;

— influența lanțurilor de izolatoare asupra tensiunii mecanice reziduale într-un conductor în caz de rupere;

— optimizarea construcției stîlpilor;

— verificarea posibilității de folosire a unor stîlpi existenți pentru cazuri particulare.

În ziua de 22 mai, lucrările Comitetului de studii nr. 7 au continuat cu problema fundațiilor. Cea mai mare parte a comunicărilor făcute și a discuțiilor purtate s-au referit la dimensionarea și încercarea fundațiilor solicitate la smulgere (care sînt cele mai folosite astăzi) amplasate în terenuri pulverulente. De un interes deosebit s-au bucurat comunicările făcute cu privire la încercările efectuate pe modele reduse în Franța, Italia și Finlanda, pe baza cărora au putut fi elaborate formule și metode noi, pentru dimensionarea acestor tipuri de fundații.

Pentru a se putea generaliza mai ușor experiența diferitelor țări cu privire la încercarea diferitelor tipuri de fundații, s-a discutat, de asemenea, posibilitatea uniformizării încercărilor și a datelor înregistrate, propunîndu-se în acest scop adoptarea unor formulare tip pentru toate țările interesate.

În concluzie se constată că problemele puse în discuție în cadrul ședinței Comitetului de studii nr. 7 se caracterizează printr-o mare actualitate, referindu-se în special la dimensionarea și încercarea stîlpilor și fundațiilor liniilor de înaltă și foarte înaltă tensiune, avîndu-se în vedere două obiective importante: mărirea siguranței de funcționare și ieftinirea lucrărilor respective.

Ing. E. Constantinescu

II. Comitetul de studii nr. 13. Concepția și funcționarea rețelelor

La 23 mai 1962 s-a întrunit la Paris Comitetul de studii nr. 13, sub președinția lui C. Concordia (S.U.A.). Au fost prezenți 14 membri și 25 experți din 17 țări diferite.

Din partea R.P.R. a participat ca expert autorul prezentei dări de seamă.

S-au discutat următoarele probleme:

1. Automatizarea rețelelor.
2. Planificarea rețelelor.
3. Stabilitatea dinamică.
4. Reanclanșarea rapidă.
5. Compararea metodelor de studiu al stabilității.
6. Punerea în ecuație. Terminologie.
7. Puteri fluctuante.
8. Diverse.

Acestea formează obiectul grupelor de lucru ce funcționează în cadrul comitetului.

1. Automatizarea rețelelor

Raportul prezentat de Denis (Belgia), președintele grupei de lucru respective, s-a referit la următoarele probleme:

a) *Criteriul de calitate a sistemului de reglaj frecvență-putere*

Pe baza unei note stabilite în 1960 s-a cerut efectuarea de măsurători în diferite țări a criteriului de calitate propus. Acest criteriu se bazează pe măsurarea de valori medii la interval de 5 minute ale abaterii de reglaj, calculîndu-se apoi valoarea pătratică a abaterii. Întrucît răspunsurile primite din partea diverselor organizații de exploatare au fost insuficiente, nu s-au putut comunica rezultatele măsurătorilor. S-a stabilit o nouă notă în această problemă, în care se propune înlocuirea intervalului de 5 minute cu un interval de o oră, ceea ce ușurează mult efectuarea măsurătorilor în rețele. Morehouse (S.U.A.) arată că intervalul de o oră corespunde practicii curente în țara sa. Avînd în vedere interesul pe care îl prezintă examinarea în continuare a acestei probleme, s-a făcut o nouă tentativă pentru obținerea din partea diverselor țări a unor valori numerice care să caracterizeze calitatea reglajului.

b) *Analiza diferitelor procedee de reglaj*

S-au prezentat rezultatele anchetei asupra valorilor numerice mai importante ale parametrilor caracteristici ai sistemelor de reglaj frecvență-putere. S-au primit rezultate din nouă țări (Belgia, Danemarca, Elveția, Finlanda, Franța, Iugoslavia, Norvegia, S.U.A., Suedia).

Ancheta s-a referit la: puterea de vîrf, natura mijloacelor de producție (termică sau hidraulică), capacitatea de transport a liniilor de interconexiune cu sistemele energetice vecine, puterea de vîrf a ansamblului de rețele la care sistemul energetic este interconectat, banda de reglaj, factorul de influență frecvență-putere livrată (inversul statismului), procedeul de reglaj, iar în cazul existenței reglajului automat coeficientul de acționare prin integrarea reglajului și factorul de echivalență frecvență-putere de interconexiune. Acești parametri caracteristici corespund definițiilor stabilite în raportul C.I.G.R.É. 328 din 1960. Ancheta se continuă, cerîndu-se răspunsuri și din partea altor țări (tabela 1).

c) *Dispecerul economic automat*

S-a inițiat o serie de studii în acest domeniu, elaborîndu-se în grupa de lucru un document în care se pun anumite probleme privind interesul și metoda de punere în aplicare a sistemelor de reglaj terțiar. Primele rezultate se vor prezenta probabil la viitoarea reuniune a comitetului de studii. Delegația franceză a difuzat un document al lui Carpentier asupra studiilor și proiectelor în curs la ,,Electricité de France'' privind punerea în exploatare a unui calculator la dispecerul național francez.

La cererea lui Morehouse (S.U.A.) s-a propus examinarea problemelor legate de fluctuațiile de putere pe liniile de interconexiune și a metodelor ce permit minimalizarea lor, precum și a metodei de facturare a variațiilor intempestive de energie pe aceste linii. În urma discuțiilor s-a constatat că fluctuațiile rapide de putere avînd perioada de un minut nu jenează, în general, comportarea rețelelor, după cum, de altfel, criteriul de calitate stabilit în 1960 elimină luarea în considerare a acestui fel de fluctuații. Ehdert Kundsen (Danemarca) arată totuși că anumite probleme particulare, legate de schimburile de putere reactivă și menținerea tensiunii, pot fi create de aceste fluctuații și pot necesita instalații speciale, de exemplu compensatoare sincrone.

În rezumat s-a stabilit că grupa de lucru va continua examinarea alegerii unui criteriu de calitate a unui sistem de reglaj frecvență-putere ce își va desfășura activitatea în domeniul reglajului terțiar.

2. Planificarea rețelelor

În cursul reuniunii de la Moscova din 1961 a Comitetului de studii nr. 13 s-a hotărît crearea unei grupe de lucru ,,Planificarea rețelelor'', care avea ca primă sarcină fixarea unui program de activitate, ținînd seamă de caracterul economic din ce în ce mai pronunțat pe care îl prezintă problemele legate de studiul rețelelor. Dificultatea principală în stabilirea programului este legată de domeniul foarte vast al studiului rețelelor.

Noul președinte al grupei de lucru, Gaussens (Franța), a arătat că nu se pot face studii asupra dezvoltării rețelelor pe termen lung fără a fixa în prealabil metodele optimale de

Tabela 1

Rezultatele anchetei întreprinse asupra valorilor numerice uzuale ale parametrilor caracteristici ai sistemelor de reglaj frecvență-putere

Denumirea rețelei	Putere de vîrf, MW	Natura mijloacelor de producție, %		Capacitatea de tranzit a interconexiunilor, MW	Puterea de vîrf a ansamblului interconectat, MW	Banda de reglaj, MW	Factor de influență frecvență-putere furnizată, E	Procedeul de reglaj	α	K
		M_1 termo	M_2 hidro							
Belgia	2 600	98,5	1,5	500	35...50 000	80	5,8...8,7	C_b	0,029...0,067	2,9...5,8
Danemarca (parțial)	630	100	0	170	9 300	—	11	fără reglaj automat		
S.U.A.	Sînt șase interconexiuni principale, ale căror puteri variază între 7 000 și 65 000 MW, caracteristicile respective putînd fi foarte diferite						6...18			≃16...20
Finlanda	2 000	15	85	140	9 300	40	≃10	D	—	≃1
Franța	13 000	50	50	2 000	35...50 000	400	5,8...7,7	C_b	0,045...0,070	3,8...5,8
Norvegia (parțial)	470	0	100	200	9 300	6	≃24	D	—	≃2,4
Suedia	6 500	10	90	510	9 300	160	≃25	D	—	∞
Elveția	3 100	0	100	2 000	35...50 000	150	8...12	C_a	0,085...0,116	6...10
Iugoslavia	1 362	40	60	215	(în regim insular)	100	3,4...5	fără reglaj automat		

exploatare pe termen scurt. Întrucît aceste două aspecte nu pot fi atacate simultan, s-a propus să se considere rezolvată problema exploatării optime, ținîndu-se o strînsă legătură cu grupa de lucru „Automatizarea rețelelor", unde se examinează problema reglajului terțiar.

Dorința comitetului a fost ca această grupă de lucru să se ocupe cu studiul diverselor procedee tehnice posibile pentru planificarea rețelelor, ocupîndu-se în special de parametrii fundamentali ce intervin în asemenea studii și evitîndu-se totodată aspectul descriptiv al diferitelor soluții utilizabile.

3. Stabilitatea dinamică

Influența regulatoarelor de tensiune asupra stabilității rețelelor urmează să se studieze pentru diferite cauze tipice întîlnite în practică.

S-a constatat că evoluția caracteristicilor alternatoarelor, legată în primul rînd de creșterea puterilor unitare, conduce la valori economice ale parametrilor caracteristici (raport de scurtcircuit, reactanță) defavorabile din punctul de vedere al comportării mașinilor în rețea. Acestea fac să crească importanța influenței sistemelor de reglaj automat asupra stabilității. Problemele legate de evoluția parametrilor se discută în primul rînd în Comitetul de studii nr. 17 („Alternatoare"), precum și în cadrul Grupei de lucru nr. 11 la sesiunea generală a C.I.G.R.É. S-a stabilit să se colaboreze strîns cu Comitetul de studii nr. 17.

S-a difuzat un document privind influența naturii sarcinii asupra stabilității rețelelor. S-a prevăzut examinarea mai intensă a influenței simultane a sistemelor de reglaj automat, a parametrilor caracteristici ai sarcinii, a parametrilor caracteristici ai alternatoarelor asupra stabilității, pentru care s-a recomandat întocmirea unui raport care să fie prezentat la viitoarea reuniune a comitetului.

4. Reanclanșarea rapidă

Se continuă lucrările privind posibilitățile pe care le oferă reanclanșarea la liniile de diverse tensiuni.

5. Compararea metodelor de studiu al stabilității

Este în curs de elaborare un raport asupra comparării rezultatelor studiilor privind stabilitatea efectuate la calculatoare de diferite tipuri cu rezultatele încercărilor pe viu efectuate în rețele. Pînă în prezent s-au angajat să contribuie la acest studiu cinci țări.

6. Punerea în ecuație. Terminologie

Prima problemă discutată privește terminologia. Față de materialul publicat în anexa raportului C.I.G.R.É. nr. 347 din 1958 se constată continuarea unor divergențe între versiunea franceză și cea engleză. A fost prezentată, de asemenea, și o propunere de versiune germană.

Comisia Electrotehnică Internațională (C.E.I.), care a recomandat includerea în vocabular a terminologiei din domeniul stabilității, a anunțat, prin secretarul Comitetului nr. 1 al C.E.I. — Dietsch —, că urmărește cu mult interes lucrările respective ale Comitetului nr. 13 C.I.G.R.É.

Cea de-a doua problemă discutată a fost normalizarea ecuațiilor folosite în studiile de stabilitate, în special cele care se referă la comportarea mașinilor sincrone.

Venikov (U.R.S.S.) a difuzat un document în această problemă, care va fi discutat la viitoarea reuniune a grupei de lucru. În afară de acestea, Concordia (S.U.A.) a difuzat un document privind propunerile de definiție a sistemelor de excitație a mașinilor sincrone.

7. Puteri fluctuante

S-a propus continuarea studiilor privind evaluarea limitelor admisibile ale variației de tensiune pe baza informațiilor culese din experiențele diverselor țări. Pînă în prezent s-a elaborat un document scandinav în această problemă.

S-a recomandat întocmirea unui raport pentru viitoarea reuniune a comitetului.

8. Diverse

S-a hotărît stabilirea unei legături cu Comitetul de studii nr. 4 („Protecția rețelelor"), întrucît uneori se studiază probleme identice, deși sub aspecte diferite (reanclanșarea automată, stabilitatea, comportarea protecțiilor în caz de pierdere a sincronismului, puteri fluctuante).

S-a hotărît ca în cadrul Comitetului de studii nr. 13 să nu se studieze problema „Concepției posturilor", întrucît domeniul său de activitate este și așa foarte vast.

S-au stabilit în mod preliminar următoarele trei subiecte preferențiale pentru sesiunea C.I.G.R.É. din 1964:

a) Metode de planificare a rețelelor.

b) Metode de exploatare a rețelelor (dispecer economic).

c) Probleme de stabilitate ce rezultă din evoluția caracteristicilor mașinilor generatoare, influența regulatoarelor.

Ing. L. Groza

Optimizarea condiţiilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei reţele*

Ing. *P. DIMO*, Ing. *L. GROZA* şi Ing. *G. MORAITE*

Conform principiilor de reglaj al reţelelor (frecvenţă-putere), adoptate în general astăzi, trebuie să se cunoască valoarea anumitor caracteristici proprii reţelelor.

Cele mai importante sînt : statismul şi timpul de lansare.

Prin încercări efectuate în reţeaua reală, se poate determina statismul unei reţele, măsurînd variaţia Δf de frecvenţă, corespunzătoare unei variaţii ΔP de putere, provocată în reţea. Raportul :

$$\frac{\Delta P}{\Delta f} = K \tag{1}$$

se numeşte „factor de influenţă frecvenţă-putere de interconexiune"*.

Inversul acestui raport, înmulţit cu raportul $\frac{P_0}{f_0}$, unde P_0 este puterea produsă în reţea (sau puterea totală nominală a centralelor în funcţiune), iar f_0 frecvenţa nominală, este statismul :

$$\frac{1}{K} \cdot \frac{P_0}{f_0}. \tag{2}$$

În ce priveşte timpul de lansare**, el poate fi definit astfel :

$$\frac{\Delta P / P_0}{\left(\frac{df}{dt}\right)_{t=0} \frac{1}{f_0}}. \tag{3}$$

Aceste mărimi pot fi determinate prin calcul, bazîndu-ne pe caracteristicile centralelor existente în reţea şi considerînd un efect de autoreglaj al sarcinii, sau prin încercări în reţea, provocîndu-se o variaţie de putere ΔP şi măsurînd mărimile care intervin mai sus.

În acest ultim caz, determinarea corectă a celor două mărimi care intervin ΔP şi Δf este foarte interesantă. Măsurătorile efectuate asupra variaţiei de frecvenţă Δf depind evident de constanta de timp a aparatelor, constantă care nu trebuie să depăşească o anumită limită. Dificultatea principală nu este însă măsurarea abaterii Δf, ci evaluarea exactă a termenului ΔP, adică variaţia de putere „provocată" în reţea. Într-adevăr, studii recente [1, 2] privitoare la acest subiect au subliniat faptul că, o dată ce s-a provocat o variaţie de putere ΔP în reţea, redistribuirea tensiunilor datorită schimbării circulaţiei curenţilor schimbă imediat valoarea puterii „rămase" în reţea.

Variaţia bruscă a sarcinii rămase poate fi de acelaşi ordin de mărime ca variaţia ΔP provocată [1] şi astfel să denatureze sensibil rezultatele. Nu trebuie neglijat faptul că sarcina rămasă este totdeauna mult mai mare decît variaţia ΔP provocată şi de aceea o variaţie mică, în raport cu această sarcină rămasă, nu este neglijabilă, în comparaţie cu variaţia provocată.

I. Determinarea pe cale analitică a cifrelor corecte ce trebuie considerate pentru variaţia iniţială de putere ΔP provocată

O primă posibilitate pentru obţinerea unei valori mai reale a lui ΔP este efectuarea corecţiilor, considerîndu-se o lege de variaţie a sarcinii „rămase" :

$$P = F(U, f).$$

Dat fiind că, în primul moment, alunecarea motoarelor asincrone nu se schimbă, întreaga sarcină poate fi considerată ca o simplă impedanţă şi se poate deduce valoarea care se stabileşte în primul moment după schimbarea bruscă. Se poate determina astfel, pe cale analitică, o nouă valoare a lui ΔP, mai reală şi foarte diferită în general de prima valoare [1, 2].

Se poate constata că noua valoare stabilită cu corecţia corespunzătoare suferă noi variaţii după trecerea primului moment. Procesul acestor variaţii este imposibil de urmărit, dată fiind complexitatea problemei, din care cauză trebuie să ne mulţumim cu o cunoaştere mai exactă a valorii lui ΔP la începutul procesului. Se poate totuşi determina, în mod suficient de simplu, influenţa oscilaţiilor de sincronizare asupra valorii deduse, corespunzătoare primului moment [1], aceasta mai ales dacă schema reţelei nu comportă complicaţii prea mari.

O serie de calcule analitice (vezi § IV) dau indicaţii despre :

a) Valoarea abaterilor de putere de considerat în calcul, datorită variaţiei sarcinii rămase.

b) Variaţia corespunzătoare teoretică a raportului $\left(\frac{df}{dt}\right)_0$ în primul moment (vezi § IV).

c) Noile valori ale timpului aparent de lansare şi ale statismului, diferite de cele obţinute prin simpla considerare a perturbaţiei ΔP provocate.

---

* Acest articol este textul raportului prezentat sub nr. 314 la sesiunea din 1962 a C.I.G.R.É.

** Denumit înainte „energie reglantă" (vezi C.I.G.R.É. 1960, raport nr. 328).

*** Denumit şi „constanta mecanică a reţelei".

Din calculele analitice efectuate reiese importanţa teoretică a variaţiei bruşte de tensiune, variaţie care rezultă în momentul iniţial, cînd s-a creat perturbaţia, şi care, chiar dacă este foarte mică, provoacă o schimbare importantă a valorii referitoare la ΔP iniţial provocat.

De aceea s-a încercat în primul rînd să se creeze condiţii speciale pentru regimul iniţial, pentru a se reduce la minimum această variaţie iniţială de tensiune.

II. Optimizarea regimului iniţial

Conform studiilor recente, există două cauze care au o importanţă primordială asupra variaţiei lui ΔP provocate, şi anume [1]:

a) Variaţia bruscă de tensiune în momentul iniţial, menţionată mai sus.

b) Regimul dinamic al reţelei care urmează variaţiei bruşte ΔP, datorită oscilaţiilor de sincronizare ale rotoarelor generatoarelor.

În încercările efectuate s-a căutat să se reducă la minimum influenţa acestor două cauze, prin crearea de condiţii iniţiale speciale:

1. Reducerea variaţiei de tensiune, prin eliminarea, o dată cu puterea activă ΔP, a unei anumite cantităţi de putere reactivă ΔQ, determinată astfel încît să corespundă anulării variaţiei iniţiale de tensiune.

2. Repartiţia adecvată a sarcinilor activă şi reactivă (susceptibile să oscileze) ale generatoarelor apropiate de locul unde se provoacă variaţia bruscă, cu scopul de a reduce la minimum aceste oscilaţii (vezi anexa 3 de la studiul [1]).

Se pot astfel crea condiţii speciale pentru regimul dinamic experimentat, condiţii care conduc spre o ,,liniştire'' a acestui regim, eliminîndu-se o parte din variaţiile mai importante care pot denatura rezultatele.

Determinarea teoretică a măsurilor ce trebuie efectuate (determinarea lui ΔQ şi repartiţia puterilor) se poate face prin mijloacele analitice de care se dispune (model cu impedanţe, calculatoare numerice etc). În ceea ce ne priveşte, aceste determinări au fost făcute prin analiza nodală a curenţilor de scurtcircuit [3, 4, 12], care permite de asemenea raţionarea asupra proceselor fizice prin ,,imaginea'' asociată fenomenelor.

III. Calculul practic al corecţiilor. Exemple de calcul şi rezultatele încercărilor

În încercările făcute de obicei în reţele se caută rezultatele obţinute prin eliminarea unei puteri active deconectate fără nici o corecţie [9, 10].

Nu există însă nici o dificultate pentru determinarea condiţiilor speciale privind factorii care pot influenţa favorabil rezultatele (regimuri de putere activă şi reactivă, în momentul iniţial, măsuri corespunzătoare pentru obţinerea unei distribuţii anumite a şocului de putere pe generatoare etc). De asemenea, nu se acordă nici o importanţă locului unde se provoacă variaţia de putere şi unde se efectuează măsurarea frecvenţei.

Numim ,,optimizare'' a condiţiilor de încercare măsurile speciale care trebuie luate în regimul iniţial pentru a obţine rezultate cît mai corecte.

Pentru a demonstra efectul acestor optimizări s-au efectuat în primul rînd încercări fără a se crea condiţii de optimizare şi după practica curentă, încercîndu-se a se evalua ordinea de mărime a erorilor, ca în exemplul următor.

Schema electrică a reţelei în care s-au efectuat încercările este indicată în figura 1.

Au fost deconectate două centrale hidroelectrice cu o putere activă totală de 28,6 MW (G_{3a} şi G_{3b}) (fig. 1, *a*). După reduceri succesive se obţine schema redusă din figura 1, *c*, unde:

G_1 reprezintă o centrală termoelectrică locală cu o putere instalată de 150 MVA;

G_2 — generatorul echivalent al ansamblului reţelei (G_{2a}, G_{2b} şi G_4 în figura 1, *a*).

Valoarea reactanţelor din figurile 1, *b* şi 1, *c* este dată pentru o putere de bază de 100 MVA şi la tensiunea de bază a nodului 1 (115 kV).

S-a deconectat o putere de (28,6 + j 20) MVA, corespunzător sarcinii centralelor, denumite G_3.

Analiza acestui caz este prezentată în figura 2.

Se observă următoarele:

Graficul în evantai [1] este redat în figura 2, *b*, pentru 0,7 s. Calculele au fost efectuate cu ajutorul unui calculator numeric pentru intervalele de 0,025 s în acelaşi fel ca şi calculele studiului [1]. Rezultatele ce pot fi citite în acest grafic, extrase parţial sub formă de curbe, sînt următoarele:

— Variaţia iniţială a tensiunii în nodul 1:

$$\Delta U = -1{,}92\% \text{ (fig, 2, } b \text{ şi } d\text{)};$$

— Variaţia iniţială a fazei în nodul 1:

$$\Delta\varphi = -1{,}19° \text{ (fig. 2, } b\text{)};$$

— Variaţia iniţială a frecvenţei (fig. 2, *c*):

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_0 = 106{,}9 \text{ mHz/s}.$$

Fără efectuarea vreunei corectări a lui ΔP provocat, s-ar fi obţinut un timp de lansare aparent $T_a = 14{,}5$ s.

Corecţia lui T_a, corespunzătoare variaţiei de tensiune a nodului 1, poate fi determinată cu ajutorul curbei, prezentată în figura 2, *e*, referitoare la perturbaţie (ΔP).

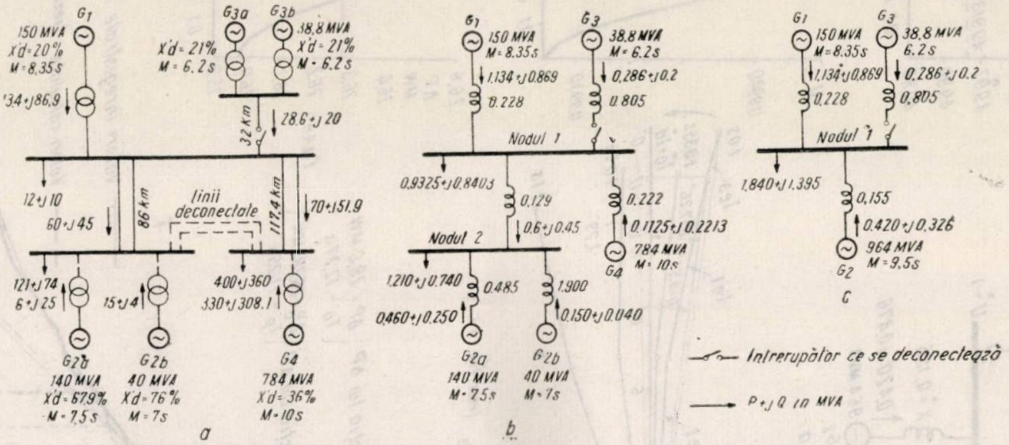
În acest caz, valoarea corectată a timpului de lansare probabil devine:

$$P_p = 11{,}09 \text{ s.}$$

*

S-au efectuat calcule similare pentru o serie de puteri reactive deconectate, la aceeaşi putere activă a generatorului echivalent G_3, cuprinse între -5 şi $+30$ MVAr.

Atragem atenţia asupra cazurilor prezentate în figurile 3 şi 4, îndeosebi pentru puterea



G1
150 MVA
X'd=20%
M=8.35s
34+j86.9
G3a
G3b
X'd=21%
M=6.2s
38.8 MVA
32 km
28.6+j20
12+j10
60+j45
86 km
linii deconectate
117.4 km
70+j151.9
121+j74
6+j25
15+j4
400+j360
330+j308.1
G2a
G2b
G4
140 MVA
X'd=67.9%
M=7.5s
40 MVA
X'd=76%
M=7s
784 MVA
X'd=36%
M=10s
a
150 MVA
M=8.35s
1.134+j0.869
0.228
38.8 MVA
M=6.2s
0.286+j0.2
0.805
Nodul 1
0.9325+j0.8403
0.129
0.222
0.6+j0.45
0.1125+j0.2213
Nodul 2
784 MVA
M=10s
1.210+j0.740
0.485
1.900
0.460+j0.250
0.150+j0.040
140 MVA
M=7.5s
40 MVA
M=7s
b
1.840+j1.395
0.155
0.420+j0.326
964 MVA
M=9.5s
G2
c
Intrerupător ce se deconectează
P+jQ in MVA

Fig. 1. Schema redusă a reţelei în care s-au efectuat încercările:

a—schema electrică de principiu şi regimul de funcţionare a reţelei (G_1, G_{3a} şi G_{3b}—generatoare reale; G_{2a}, G_{2b} şi G_4 — generatoare echivalente); *b*—schema redusă pentru două noduri. Puterea de bază $S_b = 1\,000$ MVA; tensiunea de bază $U_b = 115$ kV ($U^* = 1$ pentru nodul 2); *c* — schema redusă pentru un nod. S_b şi U_b sînt aceleaşi ($U^* = 1$ pentru nodul considerat).

Schemele sînt date pentru un regim în care nu s-au aplicat măsurile de optimizare în ce priveşte puterea reactivă de deconectat şi distribuţia de sarcini pe centrale (vezi textul).

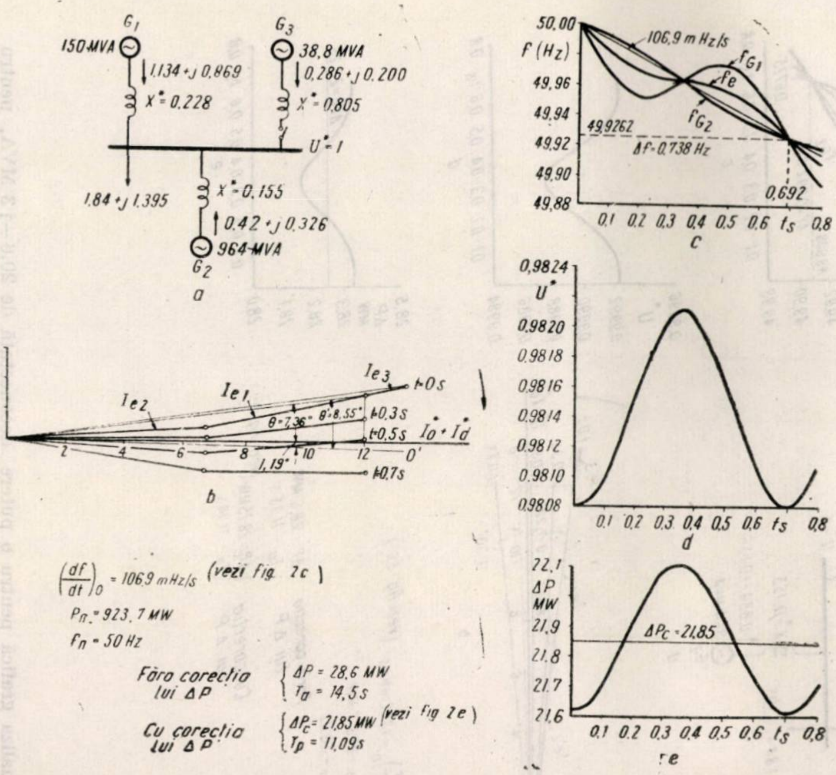


Fig. 2. Analiza grafică pentru o putere deconectată de 28,6 + j 20 MVA:

a — schema redusă pentru un nod (nodul *1* din fig. 1); *b*—grafic în evantai, unde se remarcă variaţia iniţială a fazei, poziţiile succesive ale rotoarelor şi importanţa diferitelor generatoare (*1*, *2*, *3*). Generatorul *3* (I_{e3}) nu mai figurează în grafic după 0 s; *c*—variaţia frecvenţei; *d*—variaţia tensiunii; *e*—variaţia de putere în nod şi determinarea lui ΔP conectat [P_n — puterea instalată nominală a generatoarelor; f_n —frecvenţa nominală a reţelei (50 Hz); T_a — timp de lansare aparent; T_p — timp de lansare probabil (real)].

Se obţine valoarea astfel corectată:

$$P_c = 21{,}85 \text{ MW},$$

deci o diferenţă de 30%.

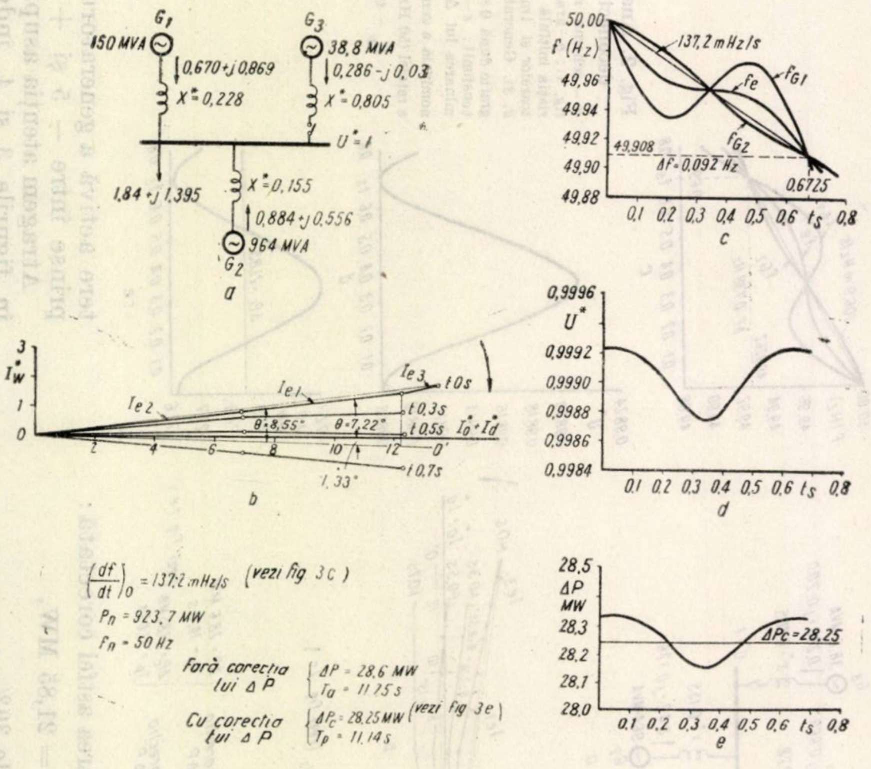


Fig. 3. Analiza grafică pentru o putere deconectată de 20,6 − j 3 MVA, pentru un regim corespunzător unei coliniarizări a vectorilor reprezentativi ai generatoarelor. (Aceeaşi legendă ca la fig. 2).

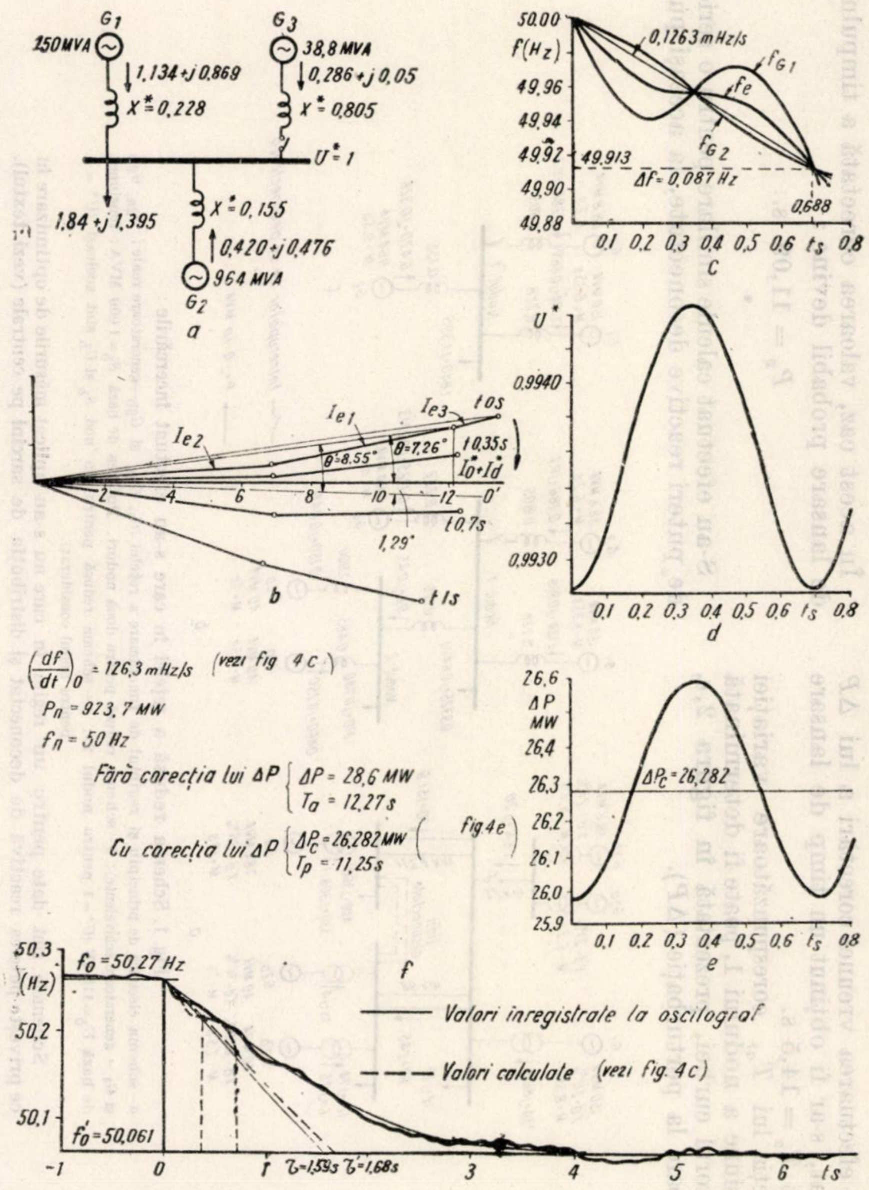


Fig. 4. Analiza grafică pentru o putere deconectată de 28,6 + j 5 MVA şi rezultatele încercărilor (oscilograme). [Aceeaşi legendă ca la fig. 2 ; în plus fig. 4, f prezintă comparaţia între rezultatele încercării (linie continuă) şi calcul (linie punctată)].

reactivă de −3 MVAr, unde nu există variație sensibilă a perturbației provocate (ΔP) în momentul inițial. Aceasta corespunde deci unui regim optimizat.

O parte din regimuri (fig. 4) au fost verificate prin măsurătorile efectuate în încercările respective [3]*.

Pentru a împinge mai departe precizia analizei, s-a studiat ca variantă o situație îmbunătățită, unde s-a efectuat o coliniarizare a vectorilor în graficul reprezentativ al regimului (după metoda nodală a curenților de scurtcircuit), coliniarizare care, conform studiilor anterioare [1], corespunde unui regim deosebit de favorabil. Oscilațiile lui ΔP în regimurile tranzitorii care urmează sînt și mai reduse în acest caz (fig. 2, *d* și 3, *d*). O „liniștire" aproape totală a rețelei poate fi obținută reducînd, de asemenea, sarcina centralei locale G_1. Această reducere conduce la o valoare a raportului $\Delta P_i / T_i$ (accelerația, unde ΔP_i reprezintă șocul inițial de putere, iar T_i timpul de lansare a unui generator oarecare i din rețea) egală pentru cele două generatoare echivalente rămase în momentul inițial, adică la distribuția optimă a dezechilibrului de putere pe generatoare.

*

Pentru a sublinia importanța locului unde se efectuează măsurarea frecvenței sau a celui unde se provoacă variația inițială a frecvenței, s-a calculat, cu ajutorul unui calculator numeric, variația inițială a frecvenței în două puncte diferite din rețea.

S-a constatat că se obține un timp de lansare aparent apropiat dacă se măsoară frecvența în două puncte diferite ale rețelei, pentru aceeași perturbație provocată, dar se obține un timp de lansare diferit dacă se provoacă variația în două puncte diferite. Timpul de lansare probabil (corectat) rămîne, bineînțeles, același și nu depinde de locul unde se provoacă perturbația, nici de cel unde se efectuează măsurătorile.

Din analiza detaliată a cazurilor studiate se pot trage concluziile următoare în ce privește condițiile ce trebuie create pentru cazul „optimizat".

1. Se poate obține prin calcul o anumită putere reactivă de deconectat simultan cu puterea activă (ΔP), pentru care variația tensiunii devine egală cu zero. Experiența noastră în calcul ne-a arătat că prin calcule simplificate (înlocuirea sarcinilor prin impedanțe, calcul aproximativ al generatorului echivalent) se obțin rezultate foarte apropiate de experiențe [5, 6, 7, 8].

2. În cazurile în care puterea activă deconectată nu depășește un procentaj minim (2−8%) din puterea instalată în rețea, varia-

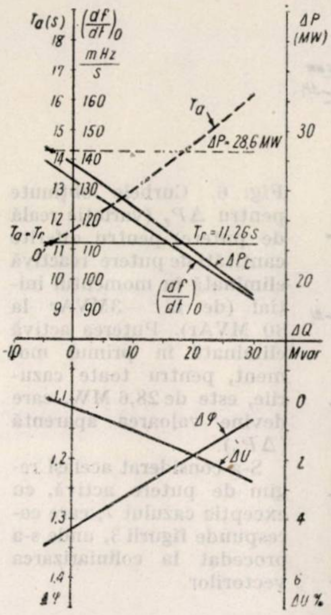


Fig. 5. Rezultatele analizelor indicînd variația timpului de lansare aparent și probabil (real) pentru diferite puteri reactive deconectate. Se folosesc notațiile următoare:

ΔP – putere deconectată; ΔP_c – variație inițială reală (corectată) de putere; T_r – timp real de lansare; T_a – timp aparent de lansare; $(df/dt)_0$ – variație inițială de frecvență.

Se observă variația mare a timpului de lansare aparent pentru același timp de lansare real. De asemenea se poate vedea puterea reactivă de deconectat, pentru care $\Delta P = \Delta P_c$, realizîndu-se liniștirea regimului care corespunde abscisei punctului O′ (intersecția curbelor T_a și T_r).

ția inițială a fazei nu depășește cîteva grade. În general, această variație de fază nu depinde mult de puterea reactivă deconectată (fig.5, valorile lui $\Delta\varphi$).

3. Sînt deosebit de sensibile la puterea reactivă deconectată:

— variația inițială a modulului tensiunii;

— variația inițială a frecvenței.

După cum se vede în figura 5, variația acestor termeni în funcție de puterea reactivă deconectată este aproape liniară, ceea ce duce la corecții importante făcute asupra valorii perturbației provocate (ΔP).

Corecția ce trebuie făcută pentru obținerea lui P_c (corectat) rezultă din variația de tensiune.

Variația termenului $\left(\frac{df}{dt}\right)_0$ în momentul inițial, fiind practic proporțională cu variatia lui ΔP_c, rezultă că timpul real de lansare este același și independent ($T_p = 11{,}26$ s) de perturbația provocată (fig. 5).

4. Oscilațiile de tensiune (amplitudinea și durata) nu depind în general, în măsură apreciabilă, de puterea reactivă deconectată. Ele depind de regimul inițial al rețelei (sarcina centralelor apropiate), care hotărăște repartiția dezechilibrului puterilor. Acest regim trebuie să corespundă unui raport $\Delta P_i / T_i$ constant pentru diferitele generatoare echivalente în momentul inițial, cînd s-a creat perturbația. Un regim apropiat este cel care duce la un grafic în care vectorii reprezentînd curenții de scurtcircuit sînt coliniari.

*

---

* Încercările au fost efectuate cu concursul ing. S. Feldman, H. Albert și Al. Itoafă, de la Dispecerul național al rețelei R.P.R., și al ing. C. Mihăileanu, V. Ionescu, S. Ionescu, P. Nicolaie și M. Pomîrleanu, de la institutele de studii.

Trebuie să observăm, de asemenea, că după experiența noastră generatoarele contribuie în mod curent la variațiile de frecvență, timpul de lansare al sarcinii $P_{sarcină} = F\ (\Delta f)$ avînd o

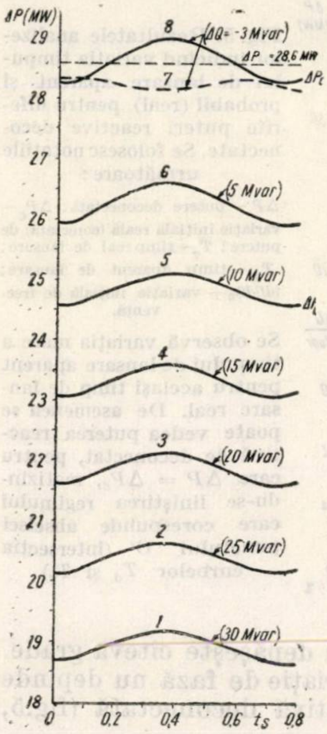


Fig. 6. Curbele obținute pentru ΔP_r (variație reală de putere) pentru diferite cantități de putere reactivă eliminată în momentul inițial (de la −3MVAr la 30 MVAr). Puterea activă eliminată în primul moment, pentru toate cazurile, este de 28,6 MW, care devine valoarea aparentă (ΔP_a).

S-a considerat același regim de putere activă, cu excepția cazului 7, care corespunde figurii 3, unde s-a procedat la coliniarizarea vectorilor.

importanță redusă. Astfel s-au obținut rezultate practice corespunzătoare, considerînd sarcina ca o simplă impedanță.

IV. Determinarea practică a caracteristicilor regimurilor optimizate

Este interesant de observat că principiul de optimizare, o dată stabilit, poate să fie aplicat oricărui fel de provocare a perturbației, și anume:

1. Perturbație provocată prin deconectarea unei sarcini.
2. Perturbație provocată prin deconectarea unui generator.
3. Perturbație provocată prin deconectarea unei linii de interconexiune.

1. *Perturbația provocată prin deconectarea unei sarcini.* Cantitatea de putere reactivă care însoțește puterea activă deconectată se calculează, în primă aproximație, astfel încît să ducă la anularea variațiilor de tensiune în locul unde se provoacă perturbația.

2. *Perturbația provocată prin deconectarea unui generator.* Se calculează asemănător, cu observația că în acest caz generatorul eliminat trebuie să funcționeze în regim capacitiv (regim subexcitat).

3. *Perturbația provocată prin deconectarea unei linii de interconexiune.* Cînd se decuplează o linie de transport, circulația de putere reactivă este necesar să aibă loc în sens invers față de sensul puterii active, cu observația că de data aceasta nu este posibilă anularea teoretică a variațiilor de tensiune la ambele capete ale liniei și că trebuie să se aleagă una dintre cele două rețele interconectate prin linia la care ne referim.

Se poate observa că, în mod practic (în cazul liniilor deconectate nu prea lungi), a doua rețea nu va suferi variații mari de tensiune, sensul puterii reactive deconectate corespunzînd scopului urmărit și pentru această rețea.

În toate cazurile citate mai sus, o analiză detaliată a măsurătorii cerute va da condițiile necesare pentru a reduce la minimum variațiile de tensiune.

Pentru o primă orientare se poate aprecia ordinea de mărime a puterii reactive aferente puterii active, prin formula următoare, considerînd schema echivalentă a rețelei înainte de variația bruscă a puterii active ΔP:

$$\Delta Q = \sqrt{(Q_n + Q_{sc})^2 + P_n^2 - P_e^2} - (Q_n + Q_{sc})$$

în care:

ΔQ reprezintă puterea reactivă de deconectat;
P_n, Q_n — puterea activă și reactivă a sarcinii nodului;
Q — puterea de scurtcircuit în nodul considerat fără derivația de deconectat;
P_e — puterea activă reprezentînd sarcina (în momentul inițial) a generatorului echivalent rețelei fără derivația de deconectat.

În cazul perturbației provocate prin deconectarea unui generator sau a unei linii de interconexiune, generatorul echivalent reprezintă rețeaua fără derivația de deconectat.

Sensul puterii ΔQ este totdeauna invers față de puterea activă de deconectat ΔP.

Această formulă a fost stabilită pentru cazul schemei celei mai simplificate, unde este vorba de un singur generator echivalent pentru toată rețeaua, legat cu nodul unde se provoacă perturbația.

Concluzii

Rezumăm mai jos următoarele concluzii generale privitoare la determinarea parametrilor unei rețele și optimizarea condițiilor de încercare respective.

Procedeul folosit în general în practica rețelelor pentru încercări constă în provocarea unei variații bruște de putere activă (ΔP), care se cunoaște cu precizie în momentul inițial (de exemplu eliminarea unui grup cu putere debitată cunoscută). Această putere o dată eliminată, variaţia reală de putere în reţea este diferită şi depinde de parametrii şi de regimul de funcţionare a reţelei în care se experimentează. Dar, în general, se consideră ca mărime a perturbaţiei provocate valoarea variaţiei de putere provocată (ΔP), ceea ce dă erori apreciabile, deoarece variaţia reală este diferită.

În încercările optimizate propuse în acest raport s-au examinat condiţiile necesare pentru ca prima variaţie de putere provocată (de exemplu eliminarea unui grup), care se cunoaşte cu precizie, să fie egală cu variaţia reală de putere, şi astfel determinarea bazată pe această valoare din practica curentă să devină mai precisă. Se pot observa următoarele:

1. Condiţiile de încercare cele mai favorabile rezultînd dintr-un regim liniştit, care nu suferă variaţii de tensiune după perturbaţia provocată şi ale cărui oscilaţii de sincronizare sînt reduse la minimum.

Un astfel de regim se poate crea prin eliminarea unei cantităţi corespunzătoare de putere reactivă, o dată cu puterea activă, şi printr-o anumită repartiţie simetrică a sarcinilor pe centrale (sau printr-o alegere judicioasă a locului unde se provoacă perturbaţia).

2. O dată ce s-a creat un astfel de regim, măsurarea perturbaţiei provocate (ΔP) este mai precisă, ceea ce determină:

— un timp de lansare mai precis, foarte apropiat de timpul real de lansare, dat fiind că valorile la momentul iniţial sînt foarte precise, regimul neavînd variaţii;

— o valoare mai apropiată pentru statismul reţelei, deoarece în momentul primei părţi a procesului fizic se cunoaşte cu suficientă precizie valoarea perturbaţiei provocate.

3. În ce priveşte caracteristica sarcinii funcţie de tensiune, $P = F(U)$, trebuie observat că în încercările optimizate, după indicaţiile date în acest raport, această caracteristică este de mică importanţă.

4. Din studiile şi încercările efectuate în reţeaua romînească reiese că inerţia sarcinii are o importanţă redusă (vezi, de asemenea, studiul [2]). Mărirea timpului de lansare a generatoarelor pentru a ţine seamă de inerţia sarcinii nu pare justificată. Într-adevăr, în problemele practice care intervin în funcţionarea reţelelor, trebuie luată în consideraţie numai inerţia generatoarelor.

5. Dacă se ţine seamă de consideraţiile făcute asupra oscilaţiilor rotoarelor şi variaţiilor de tensiune, se pot determina prin calcul timpul de lansare şi statismul unei reţele, bazîndu-ne, bineînţeles, pe caracteristicile centralelor care se presupun cunoscute (GD^2, statismul regulatoarelor etc.). În ceea ce priveşte statismul, trebuie considerat faptul că există o anumită parte din regulatoare care nu lucrează în momentul variaţiilor de frecvenţă, în general mici, din timpul încercărilor.

6. Locul unde s-a provocat perturbaţia este de mare importanţă pentru rezultatele măsurărilor valorilor aparente. Totuşi, valorile corectate trebuie să conducă la aceleaşi rezultate pentru caracteristicile reţelelor.

În caz de optimizare a regimului, trebuie observat că optimizările pot fi mai mult sau mai puţin uşor de realizat, după locul unde se provoacă perturbaţia. În general, este preferabil ca astfel de perturbaţii să fie provocate în centrele mari de consum.

7. Trebuie observat că, în cazul cînd nu s-au realizat condiţiile de optimizare, regulatoarele de tensiune pot acţiona influenţînd mărimile măsurate:

— în măsură redusă pentru valoarea timpului de lansare, care nu consideră decît valorile iniţiale;

— în măsură mai mare pentru statismul reţelei. Reiese deci că este preferabil, acolo unde nu s-au realizat condiţiile de optimizare, să se blocheze regulatoarele de tensiune şi să se încerce efectuarea corecţiilor care rezultă din punct de vedere teoretic.

*

Se constată deci, atît din consideraţiile prezentate în acest raport cît şi din încercările efectuate în diferite ţări, că fenomenele dinamice prin care trece o reţea în cursul adaptării la o perturbaţie prezintă aspecte particulare în fiecare nod al reţelei.

Pentru o aceeaşi variaţie iniţială de putere, consecinţa acestei variaţii (variaţie de fază, timp de lansare aparent etc.) depinde în primul rînd de locul unde este provocată această variaţie iniţială în reţea.

Aceste fenomene trebuie examinate mai atent în momentul în care reglajul descentralizat se orientează asupra variaţiilor de fază în diferite puncte ale unei reţele, variaţii care indică schimbul de putere ce trebuie reglat [11].

Aceste circumstanţe prezintă interes mai ales în reţelele unde variaţiile de frecvenţă sînt slabe şi integrala $\Delta\varphi = \int \Delta f.\mathrm{d}t$ are o valoare redusă.

În analiza acestor fenomene trebuie să subliniem avantajele oferite de metoda nodală a curenţilor de scurtcircuit, care a fost aplicată de asemenea în raportul de faţă [3, 4, 12].

Prin metodele propuse în acest raport, se obţine o precizie mai mare în aprecierea perturbaţiei ΔP, ceea ce prezintă o importanţă mare atît în ceea ce priveşte timpul de lansare cît şi statismul. În ceea ce priveşte statismul, sînt în curs încercări şi studii în reţeaua romînească, pentru a stabili cu mai multă precizie posibilitatea evaluării statismului în reţea, considerînd şi poziţia regulatoarelor în reţea în raport cu locul perturbaţiei.

ANEXA 1

A. Consideraţii asupra valorii timpului de lansare teoretic şi asupra timpului probabil rezultat din încercări

Timpul de lansare teoretic, numit şi timp real, care rezultă din caracteristicile reţelei, se poate exprima prin formula:

$$T_r = \frac{\sum_{1}^{m} S_i\, T_i}{P_n}$$

adică pentru o reţea care cuprinde m maşini sincrone, avînd puterile aparente nominale $S_1, S_2 \ldots S_m$ şi timpii de lansare individuali raportaţi la aceste puteri aparente nominale $T_1, T_2 \ldots T_m$, timpul T_r este egal cu dublul sumei energiilor cinetice înmagazinate în maşini, împărţit la puterea lor activă totală nominală *, sau cu puterea debitată de aceste maşini (deci puterea sarcinii). În ceea ce ne priveşte, am efectuat calculele în prima variantă, adică ţinînd seamă de puterea activă totală a maşinilor.

În cazul exemplului prezentat în raport (fig. 4), precum şi pentru alte cazuri pentru care s-a măsurat timpul de lansare al reţelei (fig. 7), se obţin valorile următoare:

Cazul considerat	Denumirea ansamblurilor de grupuri considerate	Puterea aparentă nominală, MVA	Timpul de lansare, s	Dublul energiei cinetice înmagazinate, MJ	Puterea activă nominală, MW
1	Ansamblul reţelei (afară de centrala locală)	936	9,51	8 900	
	Centrala locală	150	8,33	1 250	
				10 150	890,91
2	Ansamblul reţelei (afară de centrala locală)	930	9,51	8 850	
	Centrala locală	150	8,35	1 250	
				10 100	891,1
3	Ansamblul reţelei (afară de centrala locală)	856	9,51	8 130	
	Centrala locală	150	8,35	1 250	
				9 380	821,51
4	Ansamblul reţelei (afară de centrala locală)	964	9,51	9 170	
	Centrala locală	150	8,35	1 250	
				10 420	923,74

Arătăm mai jos timpii de lansare teoretici (reali) comparaţi cu timpii de lansare obţinuţi din încercări:

Valoarea timpului de lansare, s

Cazul considerat	Teoretic calculat	Aparent	Probabil dedus din valoarea aparentă cu corecţii
1	11,40	13,17	11,90
2	11,34	12,44	11,86
3	11,41	11,01	10,7
4	11,25	11,78	10,8

Rezultatele încercărilor sînt arătate în figura 7. Mica diferenţă între timpul de lansare probabil şi cel aparent se explică prin faptul că în încercări s-a deconectat o putere reactivă apropiată de valoarea optimă calculată.

În toate încercările, inerţia sarcinii nu a avut o influenţă apreciabilă.

B. Valoarea timpului de lansare dedusă din valorile obţinute în două puncte diferite din reţea

Din studiile efectuate reiese că se obţine acelaşi timp de lansare aparent şi probabil dacă se măsoară frecvenţa în două puncte diferite ale reţelei pentru aceeaşi perturbaţie. Se obţine un timp de lansare aparent diferit dacă aceeaşi perturbaţie este provocată în două puncte diferite ale reţelei, obţinîndu-se totuşi valori apropiate pentru timpii de lansare probabili (valori corectate).

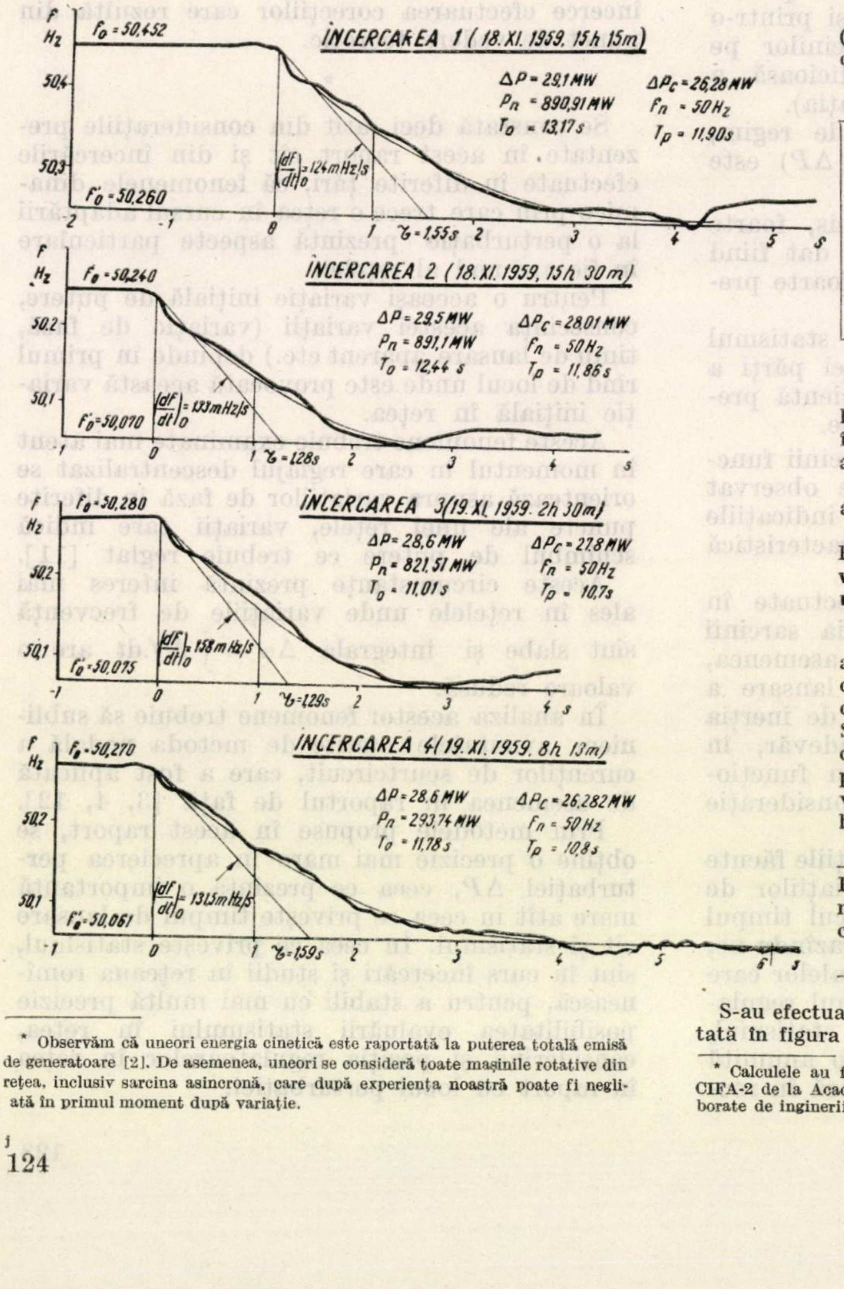


Fig. 7. Rezultatele unor încercări pentru determinarea timpului de lansare. Se văd valorile corectate ale mărimii perturbaţiei provocate (ΔP_c).

S-au efectuat încercări şi calcule * pe aceeaşi reţea, prezentată în figura 1. Pentru calcule, s-a utilizat analiza nodală simultană [1, 4] pentru două noduri, combinată cu calculul numeric electronic [5].

---

* Observăm că uneori energia cinetică este raportată la puterea totală emisă de generatoare [2]. De asemenea, uneori se consideră toate maşinile rotative din reţea, inclusiv sarcina asincronă, care după experienţa noastră poate fi neglijată în primul moment după variaţie.

* Calculele au fost efectuate cu ajutorul calculatorului numeric electronic CIFA-2 de la Academia Republicii Populare Romîne. Programele au fost elaborate de inginerii M. Bogdan şi B. Ungureanu.

Perturbaţia a fost provocată în nodul *1* şi frecvenţa a fost măsurată în nodurile *1* şi *2*. S-au obţinut rezultatele prezentate în figura 8.

Se observă o variaţie iniţială a frecvenţei şi un timp de lansare aparent şi teoretic, aproape egal pentru ambele noduri.

Se observă, de asemenea, prin această cale de calcul că timpul de lansare teoretic este ceva mai mic decît cel care rezultă din analiza făcută la un singur nod (fig. 2). Această diferenţă se poate explica prin faptul că generatoarele echivalente pentru ansamblul reţelei sînt considerate în mod diferit în aceste două calcule.

C. Calculul simplificat al puterii reactive de deconectat o dată cu puterea activă

Pentru cazul analizat în fig. 1, *c*, se poate scrie (putere de bază $S_b = 100$ MVA):

$$\Delta P = 0{,}286$$

$$P_n = 1{,}84$$

$$Q_n = 1{,}395$$

$$Q_{sc} = 10{,}815$$

$$P_e = 1{,}554$$

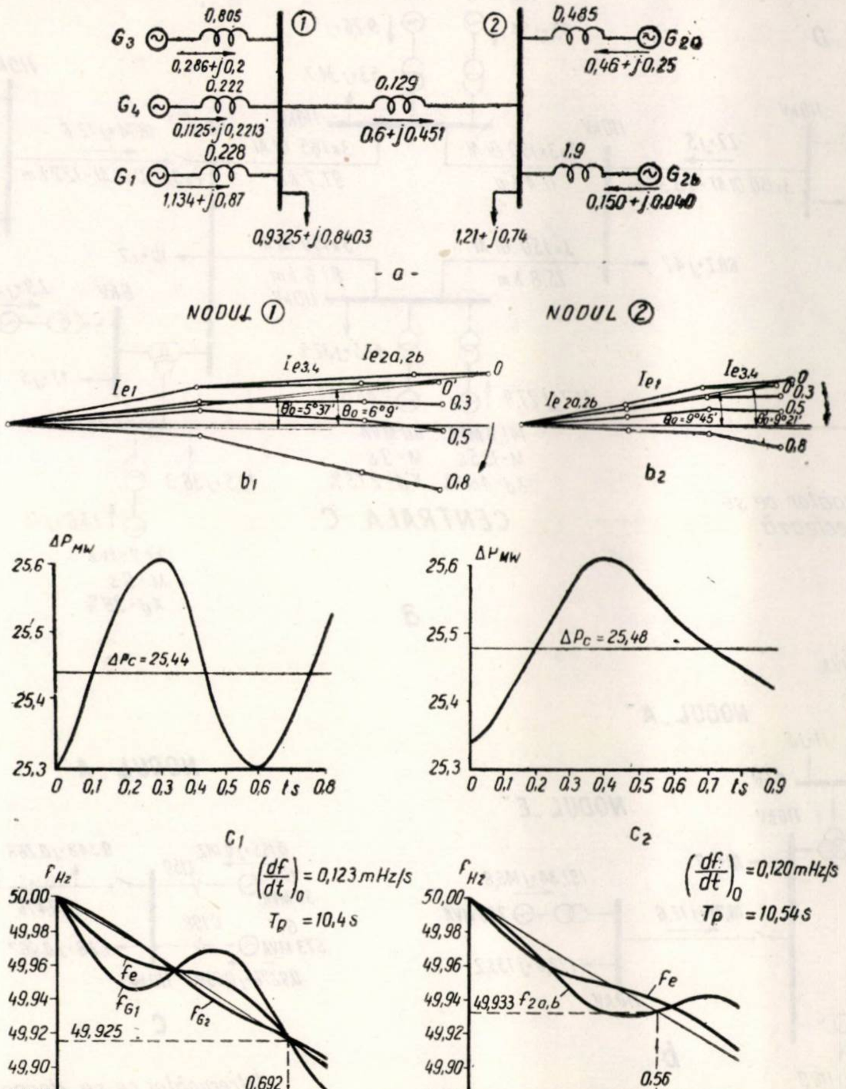

G3
0,805
0,286+j0,2
G4
0,222
0,1125+j0,2213
0,228
G1
1,134+j0,87
①
0,9325+j0,8403
0,129
0,6+j0,451
②
0,485
G2a
0,46+j0,25
1,9
G2b
0,150+j0,040
1,21+j0,74
- a -
NODUL ①
NODUL ②
Ie1
Ie3,4
Ie2a,2b
Ie20,2b
0
0'
0,3
0,5
0,8
θ0=5°37'
θ0=6°9'
θ0=9°45'
θ0=9°21'
b1
b2
ΔP MW
25,6
25,5
25,4
25,3
ΔPc=25,44
ΔPc=25,48
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 t s 0,8
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 t s 0,9
c1
c2
f Hz
50,00
49,98
49,96
49,94
49,92
49,90
49,88
(df/dt)0 = 0,123 mHz/s
Tp = 10,4 s
(df/dt)0 = 0,120 mHz/s
Tp = 10,54 s
fe
fG1
fG2
49,925
0,692
49,933
f2a,b
0,56
t s
d1
d2

Fig. 8. Perturbaţia provocată în nodul *1*; măsurarea frecvenţei în nodurile *1* şi *2*.

În alte încercări şi calcule, prin acelaşi procedeu s-a examinat cazul perturbaţiei provocate în două puncte diferite, obţinîndu-se valori apropiate pentru caracteristicile reţelei.

Se observă că prin acelaşi procedeu s-ar putea studia un număr mai mare de noduri, *studiu care ar putea fi util în problemele complicate ale reglajului economic al puterilor.*

$$Q = \sqrt{12{,}21^2 + 0{,}97} - 12{,}21 = 0{,}0397 \text{ u.r. sau } 3{,}97 \text{ MVAr.}$$

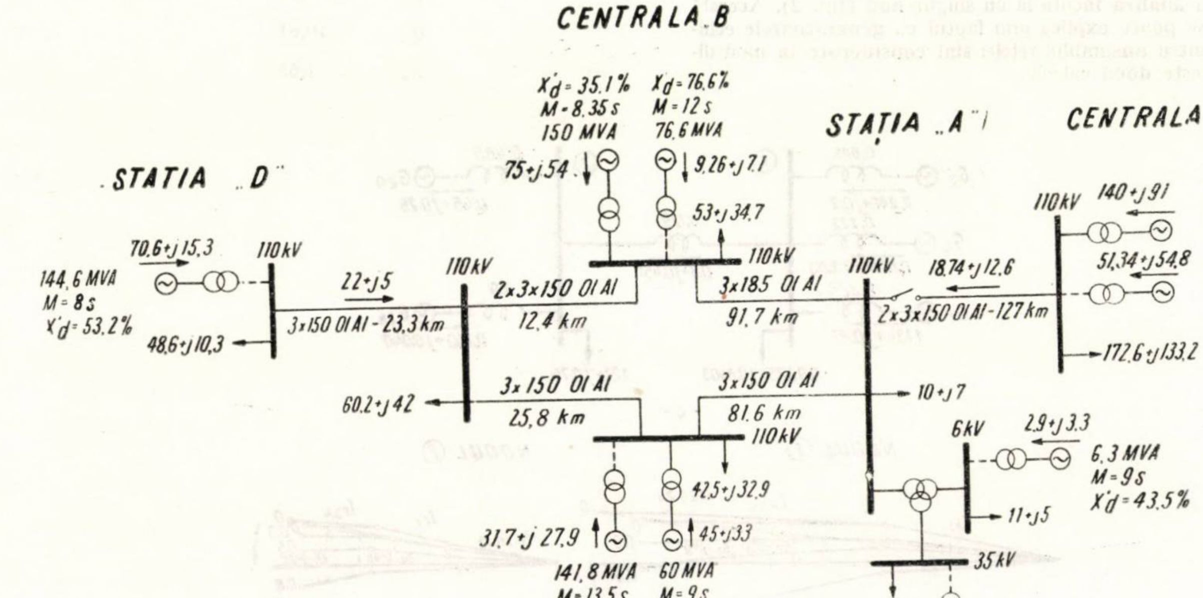
Se găseşte deci pentru o putere activă de deconectat de de 28,6 MW o putere reactivă în sens invers, de 3,97 MVAr, pentru a asigura o „liniştire" a regimului (eliminarea oscilaţiilor parazite).

ANEXA 2

Încercări recente. Determinarea procedeelor de urmat

O nouă serie de încercări a avut loc într-o parte a reţelei R.P.R. pentru a determina:

1. *Precizia calculului analitic preliminar*, care determină condiţiile de optimizare privind regimurile optimizate şi aproximaţiile permise în ce priveşte legile variaţiilor mărimilor şi reducerile de schemă.


CENTRALA „B"
X'd = 35.1%
M = 8.35 s
150 MVA
Xd = 76.6%
M = 12 s
76.6 MVA
75+j54
9.26+j7.1
53+j34.7
STAŢIA „D"
70.6+j15.3
110 kV
144.6 MVA
M = 8 s
X'd = 53.2%
48.6+j10.3
22+j5
3×150 Ol Al - 23.3 km
110 kV
2×3×150 Ol Al
12.4 km
110 kV
3×185 Ol Al
91.7 km
60.2+j42
3×150 Ol Al
25.8 km
3×150 Ol Al
81.6 km
110 kV
42.5+j32.9
31.7+j27.9
45+j33
141.8 MVA
M = 13.5 s
X'd = 48.4%
60 MVA
M = 9 s
X'd = 27.5%
CENTRALA „C"
Întrerupător ce se deconectează
STAŢIA „A"
CENTRALA „E"
110 kV
140+j91
181 MVA
M = 8.6 s
X'd = 45.6%
110 kV
18.74+j12.6
2×3×150 Ol Al - 127 km
51.34+j54.8
549 MVA
M = 8.3 s
X'd = 85%
172.6+j133.2
10+j7
6 kV
2.9+j3.3
6.3 MVA
M = 9 s
X'd = 43.5%
11+j5
35 kV
42.5+j36.3
14.6+j15
32.7 MVA
M = 9 s
Xd = 38%
a
6.3 MVA
2.9+j3.3
NODUL „A"
11+j5
6 kV
42.5+j36.3
110 kV
NODUL „E"
32.7 MVA
14.6+j15
35 kV
10+j7
191.34+j145.8
18.74+j12.6
730 MVA
172.6+j133.2
110 kV
231.56+j137.3
573 MVA
204.3+j119.9
b
NODUL „A"
0.165+j0.182
1.159
G2
39 MVA
0.348+j0.268
0.5354+j0.394
G3
0.476
G1
573 MVA
0.198
1.28+j0.967
0.9276+j0.659
110 kV
c
Întrerupător ce se deconectează

Fif. 9. Schemele reţelei în care s-au efectuat încercările şi calculele analitice:

a — schema completă a regimului iniţial (reactanţele tranzitorii X'_d reprezintă cele ale generatoarelor, inclusiv legătura lor la barele de 110 kV); *b* — schemă redusă intermediară; *c* — schemă redusă utilizată pentru calculul regimului optimizat (P_b = 100 MVA). Prin folosirea acestei scheme reduse se obţin, prin calcul, valori suficient de exacte pentru determinarea condiţiilor de optimizare a regimului (exemplul pentru încercarea nr. 3).

2. Verificarea teoriilor emise [1, 2] asupra unei serii de încercări pentru regimurile optimizate.

3. Determinarea caracteristicilor anumitor aparate de măsură necesare în aceste încercări.

Se arată mai jos rezultatele unei serii de şapte încercări pentru două momente caracteristice din graficul de consum minim de zi şi minim de noapte.

S-a deconectat o linie de interconexiune între două reţele, creînd condiţii „optimizate", care rezultă dintr-un calcul efectuat pe o schemă simplificată pentru a le compara cu condiţii „neoptimizate".

S-a determinat, în prealabil, prin calcule simplificate, puterea reactivă care însoţeşte puterea activă de deconectat, pentru a se obţine o „liniştire" a regimului.

Condiţiile de încercare, indicate în tabela 1, arată:

— pentru încercările de zi (încercările nr. 1 şi 7), un regim neoptimizat (nr. 1) şi un regim optimizat (nr. 7);

— pentru încercările de noapte, două regimuri neoptimizate (nr. 2 şi 3), două regimuri optimizate (nr. 4 şi 6) şi un regim neoptimizat, însă cu o putere reactivă în sens invers mai mare decît cea a regimurilor optimizate (nr. 5).

Am obţinut dintr-o serie de măsurători rezultate foarte clare. Schema simplificată a reţelei studiate este dată în figura 9.

A fost deconectat întrerupătorul indicat în stația A.

Condițiile de încercare și rezultatele care au fost obținute pentru regimurile variabile în ce privește puterea reactivă deconectată sînt indicate în tabelele 1 și 2.

Configurația rețelei a fost aleasă printre cele care se pretează greu condițiilor de optimizare și determinării simple și riguroase a regimurilor prin calcul.

Într-adevăr, schema este diferită de schemele simple utilizate în studiile citate, care au fost formate în așa fel în încercări ca să reprezinte un consumator unic și două centrale puternice [2].

Pentru a efectua măsurătorile s-au organizat trei puncte de măsură în rețea și s-au folosit aparatele întrebuințate curent în acest scop (frecvențmetre, wattmetre etc.) și aparatul special pentru măsurarea lui ΔU.

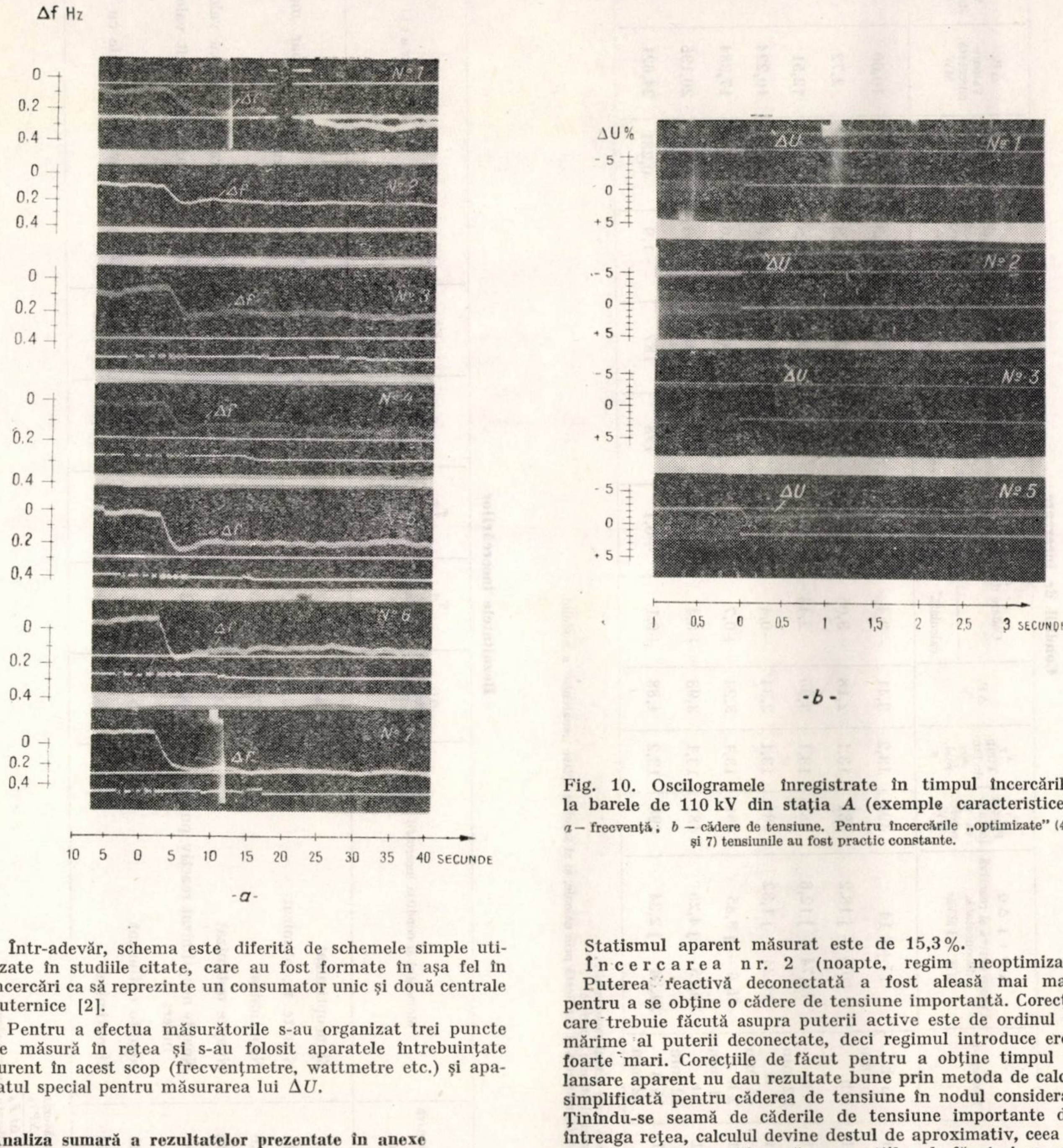
Analiza sumară a rezultatelor prezentate în anexe

Din examinarea tabelelor 1 și 2, care conțin rezultatele încercărilor, se constată :

Încercarea nr. 1 (zi, regim neoptimizat). S-a deconectat o sarcină cu un cos φ de circa 0,8. Căderea de tensiune la barele stației A, calculată după formula simplificată, a fost verificată prin măsurători. Timpul de lansare aparent $T_a = 21{,}2$ s poate fi corectat prin calcule, obținîndu-se un timp probabil $T_p = 14{,}3$ s, practic egal cu timpul de lansare real. Valoarea statismului „aparent" este de 9,4 %.

Încercarea nr. 7 (zi, regim optimizat). Puterea reactivă de — 2,34 MVAr, deconectată o dată cu puterea activă (în loc de —1,9 MVAr calculat, care nu s-a putut obține cu precizie), a provocat o cădere de tensiune de 0,1 %, verificată prin experiență.

În acest caz, timpul de lansare aparent este practic egal cu timpul de lansare real (13,05 s în loc de 13,2 s).



-a-

-b-

Fig. 10. Oscilogramele înregistrate în timpul încercărilor la barele de 110 kV din stația A (exemple caracteristice) :

a – frecvență ; b – cădere de tensiune. Pentru încercările „optimizate" (4, 6 și 7) tensiunile au fost practic constante.

Statismul aparent măsurat este de 15,3 %.

Încercarea nr. 2 (noapte, regim neoptimizat). Puterea reactivă deconectată a fost aleasă mai mare pentru a se obține o cădere de tensiune importantă. Corecția care trebuie făcută asupra puterii active este de ordinul de mărime al puterii deconectate, deci regimul introduce erori foarte mari. Corecțiile de făcut pentru a obține timpul de lansare aparent nu dau rezultate bune prin metoda de calcul simplificată pentru căderea de tensiune în nodul considerat. Ținîndu-se seamă de căderile de tensiune importante din întreaga rețea, calculul devine destul de aproximativ, ceea ce duce la o oarecare diferență a corecțiilor de făcut și nu este concludent.

Încercarea nr. 3 (noapte, regim neoptimizat). S-a deconectat o putere cu un cos φ de circa 0,8, s-a verificat căderea de tensiune la bare, iar corecțiile prin calcul ale puterii active deconectate au determinat un timp de lansare apropiat de cel real ($T_p = 12{,}56$ s, $T_r = 13{,}1$ s).

Încercarea nr. 4 (noapte, regim optimizat). Pentru valorile aparente se obțin valori foarte apropiate de cele reale.

Tabela 1

Condiții de încercare

Încercarea nr.	Data	Momentul	$\Delta P + j.\Delta Q$ Putere activă și reactivă deconectată, MW + j MVar	P_1 Putere instalată a rețelei, MW	T_r Timp de lansare real, s	ΔP, %	ΔU Cădere de tensiune, %		$(df/dt)_0$ Variația inițială de frecvență, mHz/s		ΔQ Calculată pentru regim optimizat, MVar	$\Delta(\Delta P)$ Corecție de făcut pentru ΔP, MW***	ΔP_c Valoare corectată, MW	Δf Valoare stabilizată, mHz	K $\Delta P/\Delta f$, MW/Hz
							calculată*	măsurată	calculată**	măsurată					
1	20–11–1961	15 h 45 min	17+j 14	498	13,2	3,41	−2,4	−2,23	70	80,7	−3,3	−6,40	10,60	160	106,3
2	21–11–1961	1 h	10,5 + j 18,2	481	13,1	2,18	−3,05	−2,78	(21)	76,8	−2,3	−7,78	2,72	144	72,9
3	21–11–1961	1 h 22 min	18,74 + j 12,6	481	13,1	3,90	−2,46	−2,5	100	103,4	−3,3	−6,23	12,51	180	104
4	21–11–1961	1 h 45 min	11,24 + j 1,32	481	13,1	2,34	−0,4	−0,35	85,6	74,4	−1,6	−1,016	10,224	92,7	121,4
5	21–11–1961	2 h 11 min	15,6 − j 8,85	481	13,1	3,24	+0,7	+1,0	140	143,6	−2,6	1,784	17,384	182	85,7
6	21–11–1961	2 h 22 min	19,15 − j 4,25	481	13,1	3,98	+0,4	+0,45	154	145	−3,6	0,986	20,136	163	117,5
7	22–11–1961	15 h 12 min	24,34 − j 2,34	498	13,2	4,88	+0,1	+0,1	178	187	−1,9	0,281	24,621	374	65

* Prin formula simplificată (vezi textul raportului).

** Cu ajutorul calculatorului electronic numeric.

*** Cu ajutorul valorii lui ΔU, măsurată și verificată prin calcule, și al sarcinii active „aparente" a nodului.

Tabela 2

Rezultatele încercărilor

Încercarea nr.	$\Delta P + j\Delta Q$ Putere activă și reactivă deconectată, MW + j MVar	Momentul și condiția încercării	ΔU Cădere de tensiune, %	T_a Timp de lansare aparent*, s	T_p Timp de lansare probabil, s	S Statism aparent, %	K^+ Factor de echivalență-frecvență-putere**	Observații
1	17 + j 14	Zi neoptimizat	−2,40	21,2	14,3	9,37	10,68	Valorile lui T_a și K^+ par mai mari decît valorile reale.
2	10,5 + j 18,2	Noapte neoptimizat	−3,05	14,2	(3,7)	13,2	7,56	
3	18,74 + j 12,6	Neoptimizat	−2,46	18,8	12,56	9,26	10,83	
4	11,24 + j 1,32	Noapte optimizat	−0,4	15,7	14,3	7,9	12,61	T_a și K^+ practic egale cu valorile reale.
5	15,6 − j 8,85	Noapte neoptimizat reactiv puternic invers	+0,7	11,3	12,58	11,2	8,89	T_a și K^+ mai mici decît valorile reale.
6	19,15 − j 4,25	Noapte optimizat	+0,4	13,7	14,4	8,17	12,22	T_a și K^+ par practic egale cu valorile reale.
7	24,34 − j 2,34	Zi optimizat	+0,1	13,05	13,2	15,35	6,52	

* Calculat pentru $(df/dt)_0$ măsurat.

** După formula $K^+ = \dfrac{\Delta P f_0}{\Delta f\, P_0}$

În paranteze – valorile considerate neconcludente

Încercarea nr. 5 (noapte, regim neoptimizat; putere reactivă în sens invers exagerată față de puterea activă pentru regimurile optimizate). Se constată că valorile aparente ale timpului de lansare și ale factorului k (inversul statismului) sînt mai mici decît valorile reale. S-a efectuat această încercare pentru a demonstra că în astfel de regimuri corecțiile trebuie făcute în sens invers față de cazurile obișnuite.

Încercarea nr. 6 (noapte, regim optimizat). S-au obținut, de asemenea, valori aparente apropiate de valorile reale.

*

Aplicînd schemele simplificate și metoda nodală indicată [3], se obțin cu „imaginea nodului" valori foarte apropiate de realitate.

Se constată că:

1. *Variațiile de tensiune* se apropie de valorile calculate. Calculele au fost făcute în următoarele ipoteze simplificate:

a) sarcinile sînt impedanțe;

b) schema a fost redusă la un nod cu sarcină unică după procedeul analizei nodale, sarcinile fiind reduse după legea momentelor.

2. *Timpul de lansare și statismul* pentru regimurile optimizate verifică valorile corecțiilor de făcut pentru putere în cazul regimurilor neoptimizate. Se observă că, pentru regimurile neoptimizate [1, 2, 3], timpul de lansare și statismul aparent sînt mai mari decît timpul de lansare și statismul regimurilor optimizate. Timpul de lansare urmează mai exact această constatare, ceea ce este ușor de explicat. Se observă că pentru regimurile optimizate valorile aparente sînt foarte apropiate de valorile reale.

3. *În privința aparatelor de măsură* semnalăm că, în afară de cele obișnuite pentru astfel de încercări, am folosit un aparat de construcție originală, conceput de inginerii R. Zimand și D. Săndulescu de la Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (I.R.M.E.).

Traductorul abaterii de tensiune ΔU măsoară variația de tensiune în raport cu o valoare dată considerată ca origine.

Aparatul se bazează pe principiul compensației. Tensiunea alternativă analizată este redresată și valoarea continuă rezultată este compensată printr-o tensiune continuă (obținută de la o baterie de curent continuu în stație), conectată în opoziție.

Diferența de tensiune, care rezultă din aceasta, constituie puterea de ieșire a aparatului și poate fi aplicată la un voltmetru sau la o buclă de oscilograf.

Înainte de experiență, tensiunea rețelei este complet compensată și puterea de ieșire este zero. Variațiile de tensiune ulterioare pot fi măsurate în raport cu această valoare inițială.

Constanta de timp a aparatului este 0,12 s.

Domeniul de sensibilitate a aparatului este 0—2; 0—5; 0—10 și 0—15 V.

*

În urma celor șapte încercări efectuate pentru a determina procedeul de utilizat pentru determinarea caracteristicilor de frecvență ale unei rețele, se pot trage concluziile următoare, care confirmă teoria indicată în raport:

1. Se poate determina, în mod simplu, cu ajutorul schemelor echivalente simplificate, chiar pentru schemele de rețele mai complicate, puterea reactivă de deconectat, care însoțește puterea activă, pentru a obține un minimum de variație de tensiune în nodul unde se provoacă variația bruscă.

2. S-au obținut, atît pentru timpul de lansare cît și pentru statism, valori apropiate de valorile reale în toate încercările „optimizate".

Se constată că, pe măsură ce ne îndepărtăm de condițiile optimizate, se obțin valori „aparente" diferite: mai mari, cînd valorile reale ale puterii reactive sînt în același sens ca putere activă deconectată (încercările 1, 2 și 3) și mai mici cînd puterea reactivă negativă este mai mare decît valoarea „optimă" (încercarea 5).

Dacă, prin calcule simplificate, se poate determina cu suficientă precizie valoarea timpului de lansare probabil, nu tot astfel se poate determina statismul.

Pe lîngă factorii care influențează valoarea statismului astfel determinată, corecția de efectuat asupra valorii puterii active deconectate este îngreuiată din cauza acțiunii regulatoarelor de tensiune în rețele, dat fiind timpul lung care trebuie luat în considerație. Aceasta este cauza pentru care statismul este sensibil în măsură mai redusă la optimizarea regimului. Prin optimizare se micșorează la minimum această influență a variației de tensiune și a regulatoarelor de tensiune în rețea asupra valorii statismului real.

Pentru a controla, în măsură mai mare, nivelele de tensiune în rețea în timpul fenomenului tranzitoriu, s-a folosit un aparat de măsură pentru ΔU de construcție originală, care a fost montat în stația în care s-au efectuat măsurătorile și încă în două puncte caracteristice din rețea. Acest aparat este recomandat în afara aparatelor curente.

3. Observăm, de asemenea, că în condițiile optimizate ($\Delta U = 0$), în nodul considerat, oscilațiile de sincronizare au fost foarte mici, nefiind necesare precauții speciale care rezultă din teorie, din cauza naturii fizice a regimului respectiv.

4. Procedeul de utilizat constă deci în determinarea printr-un calcul preliminar, în care sarcinile au fost înlocuite prin impedanțe, a valorii puterii reactive, care trebuie dozată pentru menținerea unui regim uniform:

— Nu este necesar să se determine aceste cantități printr-un calcul prea detaliat.

— Se recomandă măsurarea directă a lui ΔU în nodul unde se elimină puterea, precum și în nodurile principale de consum din rețea.

— În rest, încercările pot fi efectuate fără alte precauții speciale, după procedeul obișnuit.

*

Aceste încercări au fost efectuate de instituțiile următoare:

— Institutul de studii și proiectări energetice (I.S.P.E.)

— Dispecerul național (U.P.D.E.)

— Întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (I.R.M.E.).

Notă. Acest raport a fost comentat pe larg în cadrul discuțiilor la sesiune reținîndu-se metoda care aduce o contribuție în plus mai ales la precizia determinării timpului de lansare. Pe lîngă aplicațiile în sistemul energetic al R.P.R., metoda a fost folosită la C.A.E.R., în cadrul probelor în sistemele interconectate ale R.S.C., R.D.G., R.P.P. și R.P.U. din iunie 1961.

Bibliografie

[1] **Dimo, P.** *Timpul de lansare al unei rețele. Caracteristici și posibilități de determinare*, R.G.E., decembrie 1960.

[2] **Cahen, F., Robert, R.** și **Favez, D.** *Determinarea experimentală a timpului de lansare a unei rețele de producție și de distribuție de energie electrică.* R.G.E., octombrie 1956.

[3] **Dimo, P.** *Analizorul grafic.* Raport 302, sesiunea GIGRE 1958.

[4] **Dimo, P.** *Principiul suprapunerii efectelor aplicat nodului unei rețele complexe, cale generală și unitară pentru analiza unei rețele.* În: Electrotehnica nr. 4, București, 1961.

[5] **Groza, L., Moraite Gh.** și **Itoafă, Ab.** *Determinarea fenomenelor dinamice pe cale experimentală și compararea rezultatelor cu valori deduse din analiza grafică Dimo.* În: Energetica nr. 5, București, 1958.

[6] **Groza, L.** și **Moraite, Gh.** *Considerații asupra stabilității statice și dinamice și asupra reglajului cu ajutorul compensatoarelor sincrone.* În: Energetica nr. 1, București, 1960.

[7] **Apetrei, C.** *Sesiunea GIGRE 1958. Dare de seamă*, vol. I, p. 736 (Intervenție).

[8] **Groza, L.** *Sesiunea GIGRE 1960, Dare de seamă*, vol. I, p. 780, 784 (Intervenție).

[9] **Sovalov, C. A., Laznov, S. I.** si **Smirnov, M. I.** *Studiu experimental asupra regimurilor caracteristice ale rețelelor electrice.* În: Elektricestvo nr. 11, 1958.

[10] *Raportul UCPTE asupra probelor făcute pentru determinarea energiei reglate și a statismului ansamblului de rețele interconectate din Europa occidentală.* Raport 313, GIGRE 1958.

[11] **Moskalev, A. G.** *Reglajul automat al regimului sistemelor energetice după frecvență și putere activă.* Moscova-Leningrad, 1960.

[12] **Dimo, P.** *Imaginea nodurilor, cale unitară și generală pentru analiza nodurilor*, R.G.E., martie 1962.

Interconectarea la 400 kV între rețeaua romînească și cea cehoslovacă*

Ing. *E. CONSTANTINESCU*, ing. *P. MILITARU*, ing. *L. GROZA*
și
Ing. *F. GROF*, ing. *I. NOVAK*
(R. S. Cehoslovacă)

Conform unei convenții de colaborare în domeniul energetic, R. P. Romînă va livra R.S. Cehoslovace, în stadiul final care va fi atins în anul 1965, o cantitate anuală de energie electrică de 2 miliarde kWh și o putere maximă de 300 MW. Media anuală a puterilor zilnice maxime va fi de 280 MW. Livrarea va începe în 1963 cu puteri și energii mai mici. Valorile acestora vor crește succesiv și vor atinge limitele menționate pentru stadiul final în 1965.

Punctul de livrare în Republica Populară Romînă este Centrala termoelectrică Luduș, care va fi pusă în funcțiune în 1963 și va fi una dintre cele mai mari centrale electrice din sistemul energetic romîn. Punctul de recepție din R.S. Cehoslovacă va fi importanta stație de transformare de la Lemeșany. Linia electrică de transport între Luduș și Lemeșany va traversa teritoriul U.R.S.S., unde va fi conectată la barele unei stații de foarte înaltă tensiune, care se va construi în anii următori la Mukacevo. Această linie de foarte înaltă tensiune va avea o lungime totală de 399 km.

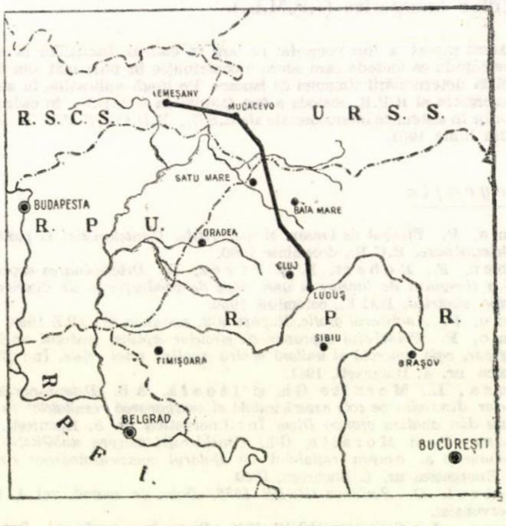


Fig. 1. Traseul liniei de 400 kV Luduș-Mukacevo-Lemeșany.

După semnarea convenției au început lucrările de proiectare efectuate prin colaborare directă între experții celor trei țări. În prezent, această importantă legătură este în curs de execuție. Se efectuează, de asemenea, o serie de studii pentru a rezolva diferite probleme apărute în legătură cu funcționarea acestei linii de interconexiune.

1. Alegerea soluției economice pentru linie

Pentru a determina soluția tehnică a liniei, în ceea ce privește tensiunea nominală și numărul de conductoare pe fază, s-au considerat următoarele variante :

Varianta	Tensiune nominală, kV	Nunmăr de conductoare pe fază	Secțiune nominală a unui conductor, mm²	Cheltuieli de calcul
A	330	2	350 Ol—Al	107,8
B	330	2	450 —	105,8
C	400	2	450 —	100
D	400	2	350 —	100,3
E	400	3	350 —	108,4
F	500	3	350 —	120,8
G	500	3	450 —	125,7

Pentru fiecare variantă s-au calculat cheltuielile anuale C, cheltuielile de investiție I și cheltuielile teoretice Z, acestea fiind folosite drept termen de comparație pentru variantele de mai sus :

$$Z = C + pI,$$

unde

p este coeficientul de eficiență economică, $p = 1/T$;

T — durata de recuperare a diferenței cheltuielilor de investiție prin diferența cheltuielilor anuale.

În această comparație s-a presupus că $T = 10$ ani, de unde $p = 0,1$.

Rezultatele calculelor au arătat că variantele pentru linii la 400 kV sînt cele mai economice, și această valoare a fost adoptată ca tensiune nominală pentru linie. S-a ținut, de asemenea, seamă de faptul că în R. S. Cehoslovacă erau în curs de construcție linii pentru această tensiune, care vor lucra interconectate cu linia de 400 kV. Considerînd o medie a puterii maxime de 280 MW și livrarea anuală de 2 miliarde kWh, s-au ales două conductoare de oțel-aluminiu pe fază, fiecare cu o secțiune de 450 mm², care prezintă cheltuielile de calcul cele mai reduse. Varianta definitiv adoptată, și anume linia de 400 kV cu două conductoare pe fază, fiecare de 450 mm² OL-Al, este satisfăcătoare din punctul de vedere al stabilității statice și dinamice și al reglajului de tensiune. În sfîrșit, această variantă permite mărirea viitoare a puterii transportate pînă la 700—800 MW sau chiar mai mult, folosind mijloace speciale de reglaj.

---

* Acest articol este textul raportului prezentat sub nr. 420 la sesiunea din 1962 a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice de la Paris (C.I.G.R.É.).

2. Caracteristicile tehnice ale liniei

Traseul liniei traversează teritoriile a trei țări, și anume Republica Populară Romînă, Uniunea Sovietică și Republica Socialistă Cehoslovacă. Lungimile celor trei porțiuni sînt:

	km
Pe teritoriul romîn	206
Pe teritoriul sovietic	115
Pe teritoriul cehoslovac	78
Total :	399

Figura 1 arată configurația generală a traseului.

Delegații celor trei țări au stabilit că pentru linie se vor utiliza aceleași prescripții tehnice în ce privește izolația, ipotezele de calcul și coeficienții de siguranță. În ceea ce privește condițiile meteorologice de calcul, fiecare țară a stabilit valori corespunzătoare condițiilor locale din zona traseului.

Pentru a obține o siguranță de funcționare corespunzătoare a liniei, s-a hotărît că în calcule trebuie considerate condițiile meteorologice cele mai severe din regiunea traversată de linie, și anume cu o frecvență de cel puțin o dată la 15 ani. Respectînd aceleași dimensiuni principale și aceiași coeficienți de siguranță, fiecare țară și-a ales construcții proprii de stîlpi, ținînd seamă de posibilitățile de aprovizionare cu materiale, de condițiile de fabricație a stîlpilor, de prețul materialelor și de alte considerații particulare.

Conductoare active și de protecție. De-a lungul întregului traseu, linia va fi echipată cu două conductoare active pe fază. Caracteristicile tehnice ale acestora sînt următoarele:

Secțiunea nominală, mm²	450
Secțiunea de aluminiu, mm²	445,31
Secțiunea de oțel, mm²	73,89
Secțiunea totală, mm²	519,20
Diametrul exterior, mm	29,64
Modulul de elasticitate compus, kg/mm²	7500
Coeficientul de dilatare termică compus, 1/°C	$1{,}85 \times 10^{-5}$
Rezistența mecanică admisibilă, kg/mm²	11
Rezistența mecanică la rupere (garantată), kg/mm²	29
Rezistența electrică, ohm/km	0,065

Pentru a proteja linia împotriva supratensiunilor atmosferice, s-au prevăzut două conductoare de protecție din oțel cu secțiune nominală de 70 mm², cu următoarele caracteristici tehnice:

Secțiunea nominală, mm²	70
Secțiunea reală, mm²	72,22
Diametrul exterior, mm	11

Cele două conductoare ale unei faze vor fi așezate la o distanță de 400 mm între ele. Distanța între faze va fi de 11 m, iar distanța minimă între fază și pămînt de 8 m. Unghiul de protecție a unui conductor de protecție față de conductoarele active exterioare este sub 25—30°.

Armături și cleme. Conductoarele active sînt fixate de lanțurile de izolatoare prin cleme de susținere oscilante cu tracțiune limitată, atingînd o valoare maximă de circa 700 kg și prin cleme de întindere cu fixarea firelor de oțel și aluminiu în manșoane laminate.

Îmbinările conductoarelor active sînt făcute prin cleme de înnădire trase.

Pentru a menține o distanță uniformă de 40 cm între două conductoare jumelate, s-au prevăzut piese de distanțare articulate.

Protecția împotriva vibrațiilor conductoarelor a fost realizată prin antivibratoare.

Izolația liniei. Lanțurile de izolatoare au fost proiectate pentru o tensiune de conturnare de 890 kV sub ploaie. Elementele lanțurilor sînt compuse din izolatoare cu tijă și cu capă tip VZC-10, de fabricație cehoslovacă, și tip P-11, de fabricație sovietică, cu următoarele caracteristici:

	VZC-10	P—11
Diametrul unui element de izolator, mm	280	350
Înălțime, mm	170	215
Greutate, kg	7	14,15
Tensiune de conturnare sub ploaie, kV	50	55
Rezistență mecanică pentru un minut, t	10	10
Tensiune de străpungere, kV	125	125

Lanțurile de susținere vor fi compuse din 22 izolatoare VZC-10. Lanțurile de întindere sînt fie duble pentru fiecare conductor și compuse din 24 elemente VZC-10, fie simple pentru fiecare conductor și compuse din 19 elemente P—11.

Construcția stîlpilor. Pentru alegerea stîlpului metalic celui mai indicat din punct de vedere tehnic și economic pentru porțiunea romînească a liniei, s-au examinat trei tipuri de stîlpi, și anume: tip portal ancorat (fig. 2, *1*), tip portal neancorat (fig. 2,*2*) și tip pisică (fig. 2,*3*). Prin numeroase calcule, s-au determinat pentru fiecare tip de stîlp, curbele reprezentînd variația cheltuielilor de investiție și consumului

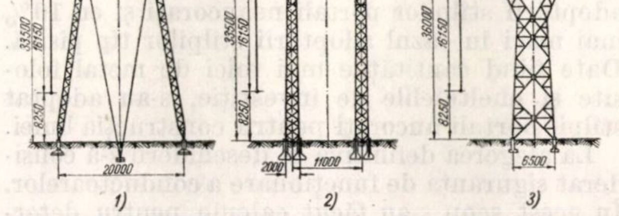


Fig. 2. Tipurile de stîlpi studiate pentru teritoriul romîn.

de metal și beton pe km de linie în funcție de deschidere (fig. 3, 4 și 5). Rezultatele acestor calcule arată că valorile minime ale cantităților de metal folosite corespund la următoarele deschideri:

Tipul stîlpului	Cantitate minimă de metal, t/km	Deschidere optimă, m
Stîlp portal ancorat	16,5	480
Stîlp portal neancorat	26,5	430
Stîlp pisică	28,9	440

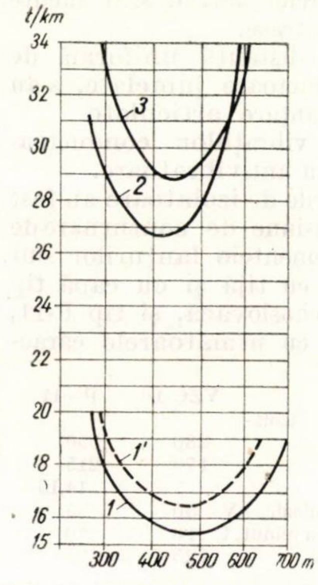


Fig. 3. Cantitatea de metal folosit pe km de linie:
1 – portal ancorat (oțel laminat); 1' – portal ancorat (inclusiv ancorele); 2 – portal neancorat; 3 – stîlp tip pisică.

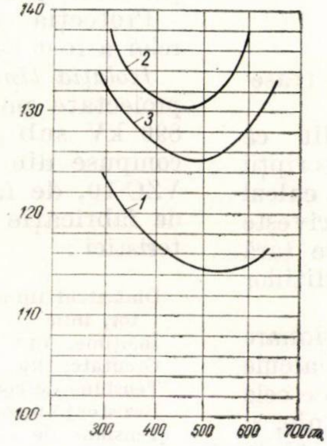


Fig. 4. Cheltuieli de investiție pe km de linie:
1 – portal ancorat; 2 – portal neancorat; 3 – stîlp tip pisică.

În ce privește costurile specifice, s-au obținut valorile minime următoare:

540 m : pentru stîlp portal ancorat;
470 m : pentru stîlp portal neancorat;
480 m : pentru stîlp tip pisică.

Linia echipată cu stîlpi portali ancorați prezintă cheltuieli minime de investiție. Cheltuielile sînt cu circa 15% mai mari în cazul adoptării stîlpilor portali neancorați și cu 10% mai mari în cazul adoptării stîlpilor tip pisică. Date fiind cantitățile mai mici de metal folosite și cheltuielile de investiție, s-au adoptat stîlpii portali ancorați pentru construcția liniei.

La alegerea definitivă a deschiderii s-a considerat siguranța de funcționare a conductoarelor. În acest scop s-au făcut calcule pentru determinarea coeficientului de exploatare a liniei în funcție de deschidere (fig. 6) din ecuația:

$$C_e = \frac{g_r - g_c}{g_c - g},$$

unde:

g_r este greutatea conductorului încărcat cu chiciură, care produce ruperea, kg/m;
g_c — greutatea conductorului încărcat cu chiciură introdus în calcul, kg/m;
g — greutatea reală a conductorului fără suprasarcină de chiciură, kg/m.

Studiul curbei arată că, pentru a menține coeficientul în limite acceptabile, deschiderile nu trebuie să treacă peste 450–480 m. În același timp, cheltuielile de investiție variază foarte puțin pentru deschideri între 405 și 600 m. Alegerea unei deschideri de 450 m pentru linia echipată cu stîlpi portali ancorați menține avantajul și în același timp mărește siguranța în exploatare.

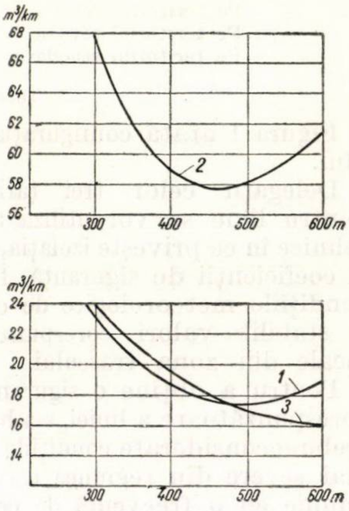


Fig. 5. Consumul de beton consumat pe km de linie:
1 – portal ancorat; 2 – portal neancorat; 3 – stîlp tip pisică.

Pentru porțiunea sovietică a liniei se utilizează stîlpi portali ancorați din beton centrifugat precomprimat, similari cu cei folosiți pentru linii de foarte înaltă tensiune în această țară.

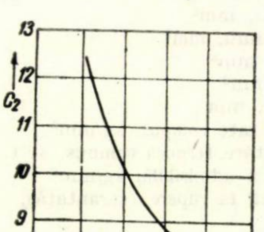


Fig. 6. Variația coeficientului de exploatare în funcție de deschidere.

Pe teritoriul cehoslovac se folosește, de asemenea, tipul de stîlp folosit și pentru alte linii de 400 kV construite, și anume stîlpi metalici portali neancorați.

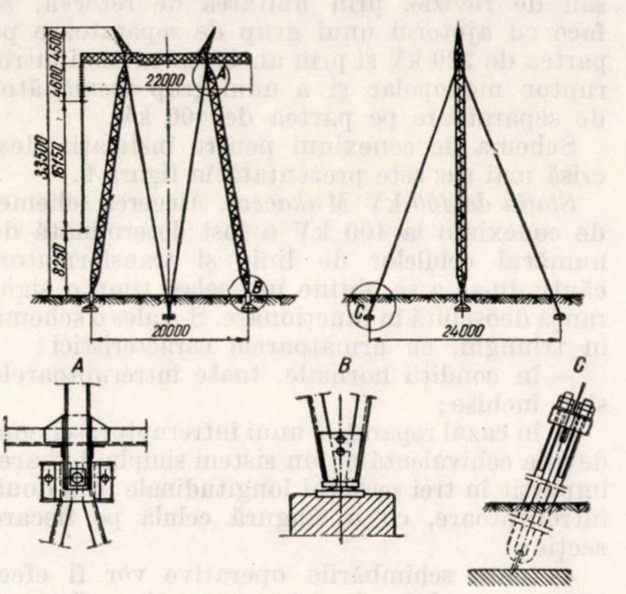

22000
A
4800
4500
33500
16150
8250
C
B
20000
24000
A
B
C

Fig. 7. Stîlp portal ancorat.

Traversarea frontierelor se va face între doi stîlpi de întindere cu o deschidere sub 300 m. Linia va cuprinde două cicluri complete de transpunere, fiecare ciclu fiind realizat cu ajutorul a doi stîlpi de transpunere, și anume un ciclu de transpunere pe porțiunea Luduș-Mukacevo (282 km) și celălalt pe porțiunea Mukacevo-Lemeșany (117 km).

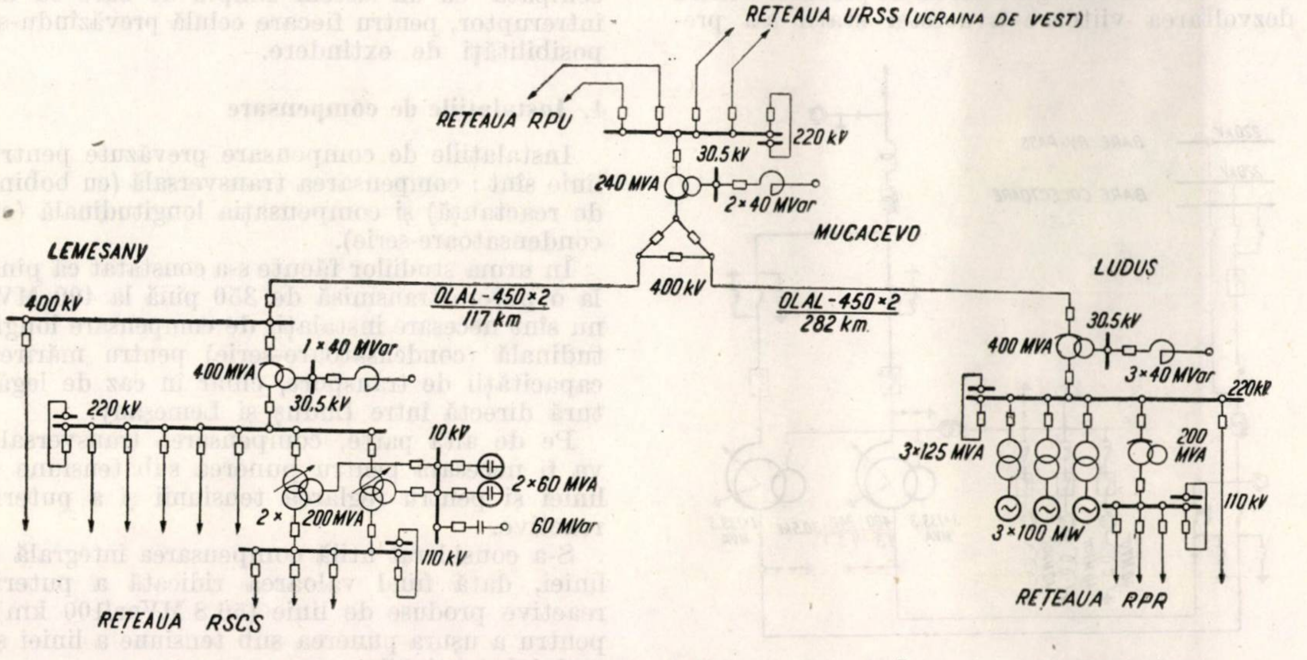

REȚEAUA URSS (UCRAINA DE VEST)
REȚEAUA RPU
220 kV
30.5 kV
240 MVA
2×40 MVar
MUCACEVO
400 kV
LEMESANY
400 kV
OLAL-450×2
117 km
1×40 MVar
400 MVA
30.5 kV
220 kV
10 kV
2×60 MVA
2×200 MVA
60 MVar
110 kV
REȚEAUA RSCS
LUDUS
OLAL-450×2
282 km
30.5 kV
400 MVA
3×40 MVar
220 kV
3×125 MVA
200 MVA
110 kV
3×100 MW
REȚEAUA RPR

Fig. 8. Schema electrică principială pentru conectarea la 400 kV a sistemelor energetice romîn și cehoslovac.

3. Schema electrică de conectare a sistemelor celor două țări

Interconectarea sistemului energetic romîn cu cel cehoslovac se va face prin intermediul a două stații terminale, Luduș și Lemeșany. Schema electrică a acestei legături este dată în figura 8.

De asemenea, interconectarea sistemelor energetice ungar și ucrainean se va realiza prin intermediul stației de 400/220 kV Mukacevo.

Stația de conexiuni 400/220/110 kV Luduș va fi legată prin barele de 220 kV la sistemul energetic romîn, care în 1965 va avea o putere instalată de circa 4 000 MW. Barele de 110 kV de la această stație sînt folosite numai pentru distribuție locală.

Stația de conexiuni Lemeșany de 400/220/110 kV va fi de asemenea punctul terminal al rețelei cehoslovace de 400 și 220 kV. Barele de 110 kV de la această stație sînt folosite pentru distribuția locală. De altfel, se știe că sistemul cehoslovac este legat prin linii de 220 kV cu sistemele vecine din Republica Democrată Germană, Republica Populară Polonă, Republica Populară Ungară și Austria.

Sistemele energetice ale R.P.U. și U.R.S.S. (Ucraina de vest) vor fi legate printr-o puternică linie de 220 kV, cu două circuite, care va fi utilizată îndeosebi pentru exportul a circa 200 MW din Ucraina de vest în Republica Pupulară Ungară.

Autotransformatoarele. Avînd în vedere condițiile de schimburi de putere și de exploatare, s-au ales următoarele caracteristici pentru autotransformatoarele care se vor instala în 1965:

Pentru stațiile Luduș și Lemeșany:

Puteri	400/400/120 MVA;
Tensiuni	420/242/30,5 kV;
Conexiuni	$Y_0 - Y_0/\Delta$
Reactanțe	$X_{HM} = 10{,}5\,\%$, $X_{HB} = 40\,\%$ și $Y_{MB} = 32\,\%$

(H — partea de 420 kV; M — partea de 242 kV; B — partea de 30,5 kV).

Pentru stația Mukacevo:

Puteri	240/240/120 MVA;
Tensiuni	420/242/30,5 kV;
Conexiune	$Y_0 - Y_0 / \Delta$;
Reactanțe	$X_{HM} = 10{,}5\,\%$, $X_{HB} = 40\,\%$ și $X_{MB} = 32\,\%$

Toate autotransformatoarele sînt realizate din unități monofazice, cu o unitate de rezervă pentru fiecare stație, și sînt prevăzute cu instalații de reglaj în sarcină, ale căror caracteristici nu au fost încă precizate.

Aparatele de conexiune. Ținînd seamă de faptul că puterile de scurtcircuit nu vor depăși 5 200 MVA în 1965 și că în general, în perspectiva îndepărtată, nu se va depăși plafonul de 20 000 MVA, s-au ales următoarele caracteristici pentru întreruptoare:

Putere de rupere	20 000 MVA;
Tensiune nominală	500 kV.

Schemele de conexiuni. Schema rețelei de 400 kV este arătată în figura 8. Sînt de remarcat următoarele aspecte:

Stația de 400 kV *Luduș.* Stația de conexiune de 400 kV are o singură celulă de plecare. Pentru dezvoltarea viitoare a acestei stații s-a prevăzut posibilitatea de extindere pentru o schemă poligonală. S-a ținut astfel seamă de dezvoltarea viitoare a sistemului romîn de 400 kV.

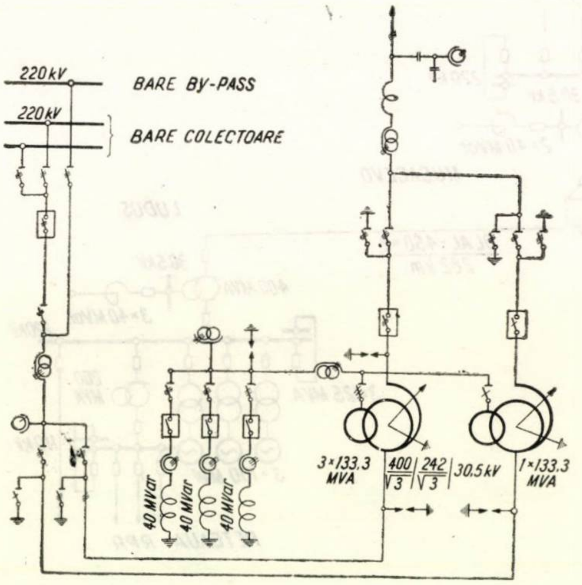


Fig. 9. Schema electrică de principiu a stației de 400 kV Luduș.

Celula de 400 kV este conectată în serie cu autotransformatorul 400/220/30,5 kV, care constă din trei unități monofazice și o unitate de rezervă. Înlocuirea unei unități în caz de defect sau de revizie, prin unitatea de rezervă, se face cu ajutorul unui grup de separatoare pe partea de 220 kV și prin anclanșarea unui întreruptor monopolar și a unui grup asemănător de separatoare pe partea de 400 kV.

Schema de conexiuni pentru instalația descrisă mai sus este prezentată în figura 9.

Stația de 400 kV *Mukacevo.* Alegerea schemei de conexiuni la 400 kV a fost determinată de numărul celulelor de linie și transformator, căutîndu-se a se obține în același timp o siguranță deosebită în funcționare. S-a ales o schemă în triunghi, cu următoarele caracteristici:

— în condiții normale, toate întreruptoarele sînt închise;

— în cazul reparației unui întreruptor, schema devine echivalentă cu un sistem simplu de bare, împărțit în trei secțiuni longitudinale prin două întreruptoare, cu o singură celulă pe fiecare secție;

— toate schimbările operative vor fi efectuate cu ajutorul întreruptoarelor. Separatoarele se vor folosi numai pentru scoaterea din funcțiune a întreruptoarelor;

— orice scurtcircuit va fi deconectat prin două întreruptoare, deconectîndu-se astfel o singură celulă.

Stația de 400 kV *Lemeșany.* Aceasta este echipată cu un sistem simplu de bare cu un întreruptor, pentru fiecare celulă prevăzîndu-se posibilități de extindere.

4. Instalațiile de compensare

Instalațiile de compensare prevăzute pentru linie sînt: compensarea transversală (cu bobine de reactanță) și compensația longitudinală (cu condensatoare-serie).

În urma studiilor făcute s-a constatat că pînă la o putere transmisă de 350 pînă la 400 MW nu sînt necesare instalații de compensare longitudinală (condensatoare-serie) pentru mărirea capacității de transport, chiar în caz de legătură directă între Luduș și Lemeșany.

Pe de altă parte, compensarea transversală va fi necesară pentru punerea sub tensiune a liniei și pentru reglarea tensiunii și a puterii reactive.

S-a considerat utilă compensarea integrală a liniei, dată fiind valoarea ridicată a puterii reactive produse de linie (56,8 MVar/100 km), pentru a ușura punerea sub tensiune a liniei și reglajul tensiunilor.

Puterea totală a bobinelor a fost aleasă de 240 MVar, ținîndu-se seamă de faptul că puterea reactivă produsă de linie este 227 MVar pentru o tensiune teoretică uniformă de 400 kV de-a lungul liniei și pentru a face față variațiilor de tensiune posibile la bornele bobinelor.

Aceste bobine sînt racordate la înfășurarea terțiară a autotransformatoarelor, cu tensiunea de 30,5 kV și puterea nominală de 120 MVA. S-au ales bobine cu o putere nominală de 40 MVar, din cauza necesității de a folosi anumite trepte de reglare. Se pot deci racorda trei bobine la fiecare autotransformator.

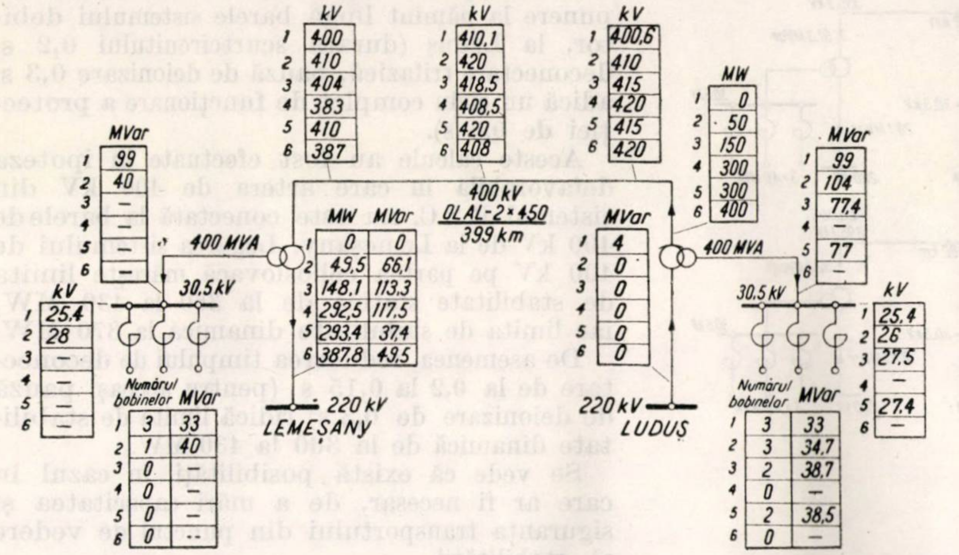

kV
1 400
2 410
3 404
4 383
5 410
6 387
kV
1 410,1
2 420
3 418,5
4 408,5
5 420
6 408
kV
1 400,6
2 410
3 415
4 420
5 415
6 420
MVar
1 99
2 40
3 —
4 —
5 —
6 —
400 MVA
30,5 kV
kV
1 25,4
2 28
3 —
4 —
5 —
6 —
Numărul bobinelor MVar
1 3 33
2 1 40
3 0 —
4 0 —
5 0 —
6 0 --
MW MVar
1 0 0
2 49,5 66,1
3 148,1 113,3
4 292,5 117,5
5 293,4 37,4
6 387,8 49,5
220 kV
LEMEȘANY
400 kV
OLAL-2×450
399 km
MVar
1 4
2 0
3 0
4 0
5 0
6 0
220 kV
LUDUȘ
MW
1 0
2 50
3 150
4 300
5 300
6 400
MVar
1 99
2 104
3 77,4
4 —
5 77
6 —
400 MVA
30,5 kV
kV
1 25,4
2 26
3 27,5
4 —
5 27,4
6 —
Numărul bobinelor MVar
1 3 33
2 3 34,7
3 2 38,7
4 0 —
5 2 38,5
6 0 —

Fig. 10. Efectele compensării transversale cu ajutorul bobinelor de reactanță la Luduș și Lemeșany pentru transport direct, stația Mukacevo fiind deconectată. Coloana întîi reprezintă numărul ipotezei. Se remarcă utilitatea compensării transversale pentru reglarea tensiunii și reducerea pierderilor.

S-a ales tensiunea de 30,5 kV, în loc de 400 kV, pentru racordarea bobinelor, pentru a corespunde condițiilor de reglare în trepte și din considerente economice.

Tensiunea nominală a acestor bobine a fost aleasă ținîndu-se seamă de diferitele nivele de tensiune posibile la bornele acestor bobine, determinate de nivelul de tensiune pe partea de înaltă tensiune și de căderile de tensiune în înfășurarea terțiară, la care sînt conectate aceste bobine.

Caracteristicile bobinelor sînt, în primă aproximație, următoarele:

Tensiune	28 kV
Putere	40 MVar
Reactanță	19,6 ohmi.

Amplasarea celor șase bobine de 40 MVar a fost făcută ținîndu-se seamă de următoarele considerente:

Este util din acest punct de vedere să se analizeze două cazuri de exploatare a liniei: legătura directă Luduș-Lemeșany și legătura Luduș-Mukacevo-Lemeșany, stația Mukacevo fiind considerată neconectată sau conectată.

În cazul legăturii directe Luduș-Lemeșany, s-a găsit necesar să se prevadă trei bobine de cîte 40 MVar la fiecare din cele două puncte terminale.

În timpul exploatării, aceste bobine sînt folosite de la mersul în gol al liniei, cînd toate cele șase bobine sînt considerate conectate, și pînă la plină sarcină, cînd, pentru a menține nivelul de tensiune dorit, ele vor fi deconectate. Situațiile respective sînt arătate în figura 10 și în curbele din figura 11, unde se pot vedea, de asemenea, nivelele de tensiune, pierderile și regimurile de puteri reactive.

Dacă se consideră stația Mukacevo conectată, este necesară următoarea dispoziție: trei bobine la Luduș, două bobine la Mukacevo și o bobină la Lemeșany.

Folosirea acestora la mersul în gol este arătată în figura 12. Ele vor fi deconectate pe măsură ce linia se încarcă.

În consecință, ținînd seamă de considerațiile arătate mai sus și de faptul că funcționarea normală se va face cu stația Mukacevo conectată, dispoziția bobinelor a fost aleasă corespunzător acestui caz, și anume trei bobine la Luduș, două la Mukacevo și o bobină la Lemeșany.

La capătul de sosire a liniei Lemeșany sînt prevăzute două compensatoare sincrone de cîte 60 MVar pentru a acoperi necesarul de consum. Din aceeași cauză s-a mai prevăzut la Lemeșany o baterie de condensatoare statice de (60 MVar).

Pentru a permite transportul de putere activă considerat la circa 300 MW, nu este

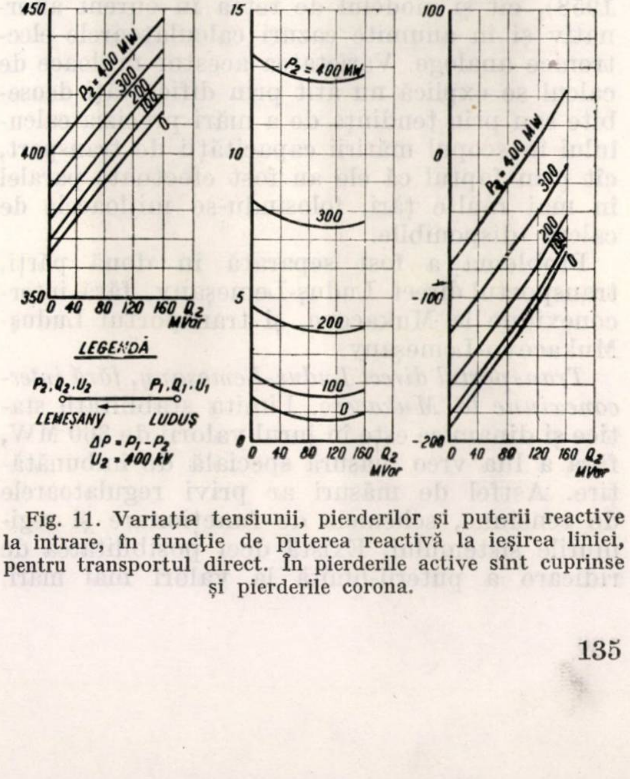


Fig. 11. Variația tensiunii, pierderilor și puterii reactive la intrare, în funcție de puterea reactivă la ieșirea liniei, pentru transportul direct. În pierderile active sînt cuprinse și pierderile corona.

necasar în prezent să se prevadă alte instalații de compensare.

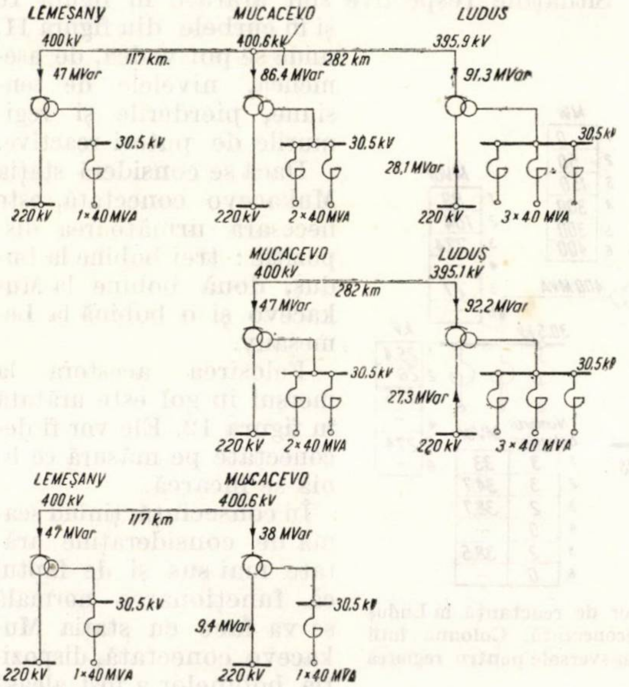


Fig. 12. Punerea sub tensiune pe porțiuni a liniei Luduş-Mukacevo-Lemeşany:

a – porțiunea Luduş-Mukacevo-Lemeşany; *b* – porțiunea Luduş-Mukacevo; *c* – porțiunea Mukacevo-Lemeşany.

5. Stabilitate, reglaj frecvență-putere

Stabilitate. Pentru determinarea capacității de transport a liniei, s-au efectuat calcule de stabilitate dinamică şi statică.

Calculele au fost efectuate atît analitic, cu ajutorul analizei nodale folosind curenți de scurtcircuit, combinată cu calculatorul numeric (vezi P. Dimo, Raport nr. 302, CIGRÉ 1958), cît şi modelul de rețea în curent alternativ şi în anumite cazuri calculatoarele electronice analoge. Varietatea acestor mijloace de calcul se explică nu atît prin dificultăți deosebite sau prin tendința de a mări precizia calculului în scopul măririi capacității de transport, cît prin faptul că ele au fost efectuate paralel în mai multe țări, folosindu-se mijloacele de calcul disponibile.

Problema a fost separată în două părți, transportul direct Luduş-Lemeşany, fără interconexiune la Mukacevo, şi transportul Luduş-Mukacevo-Lemeşany.

Transportul direct Luduş-Lemeşany, fără interconexiune la Mukacevo. Limita stabilității statice şi dinamice este în jurul valorii de 360 MW, fără a lua vreo măsură specială de îmbunătățire. Astfel de măsuri ar privi regulatoarele de tensiune, schemele de funcționare şi regimurile sistemului. Există deci posibilitatea de ridicare a puterii-limită la valori mai mari.

Calculele de stabilitate statică s-au făcut fără a ține seamă de influența regulatoarelor de tensiune din cele două sisteme.

Calculele de stabilitate dinamică au fost efectuate pentru un scurtcircuit bifazat cu punere la pămînt lîngă barele sistemului debitor, la Luduş (durata scurtcircuitului 0,2 s, deconectare trifazică, pauză de deionizare 0,3 s, adică un ciclu complet de funcționare a protecției de 0,5 s).

Aceste calcule au fost efectuate în ipoteza defavorabilă în care artera de 400 kV din sistemul R.S.C. nu este conectată la barele de 400 kV de la Lemeşany. Legarea sistemului de 400 kV pe partea cehoslovacă măreşte limita de stabilitate statică de la 360 la 430 MW, iar limita de stabilitate dinamică la 370 MW.

De asemenea, reducerea timpului de deconectare de la 0,2 la 0,15 s (pentru aceeaşi pauză de deionizare de 0,3 s) ridică limita de stabilitate dinamică de la 360 la 430 MW.

Se vede că există posibilități, în cazul în care ar fi necesar, de a mări capacitatea şi siguranța transportului din punctul de vedere al stabilității.

Transportul Luduş-Mukacevo-Lemeşany cu interconexiune la Mukacevo. Interconexiunea din stația Mukacevo are o mare influență asupra stabilității liniei, şi anume stabilitatea statică este mărită de la 360 la 430 MW, iar stabilitatea dinamică la 410 MW. Aceste rezultate au fost obținute numai pentru porțiunea Luduş-Lemeşany.

În cazul abaterii de la schema normală de funcționare a unui sistem, cînd nu se realizează interconectarea totală a sistemelor, aceste valori devin din ce în ce mai mici.

Pe de altă parte, pentru o etapă de perspectivă mai largă, cînd sistemele interconectate la Mukacevo vor fi din ce în ce mai puternice şi se vor folosi mijloace speciale pentru îmbunătățirea stabilității, se vor putea atinge puteri-limită de ordinul 700–800 MW.

Reglaj frecvență-putere. S-a considerat necesar să se introducă reglajul automat frecvență-putere pentru interconectarea celor două sau mai multor sisteme energetice în vederea reducerii abaterilor de frecvență şi de putere de schimb şi a măririi siguranței de funcționare. Instalațiile necesare se află deja în funcțiune în unele dintre țările interesate.

Pentru moment, sistemul de reglaj adoptat este descentralizat între sistemele diferitelor țări, în interiorul fiecărei țări reglajul putînd fi centralizat sau descentralizat.

6. Exploatarea inițială la 220 kV

Într-o primă etapă linia de interconexiune va funcționa la tensiunea de 220 kV, legînd direct sistemele celor două țări. În acest caz, sistemul R.P.R., ca şi sistemul R.S.C. se vor lega la barele de 220 kV de la Luduş şi Lemeşany (fig. 13).

Această etapă se consideră pînă în momentul în care puterile transmise nu vor depăşi circa 180 MW, linia legînd direct sistemul romîn cu cel cehoslovac.

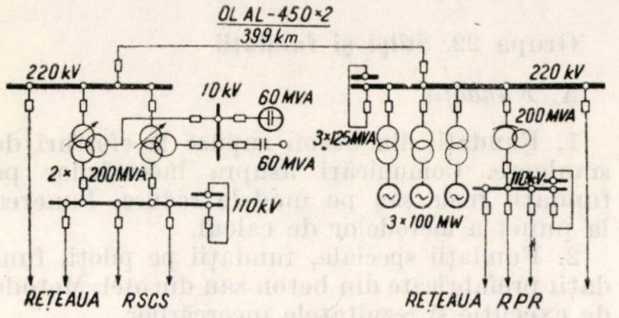


Fig. 13. Schema electrică de principiu pentru exploatarea iniţială în 220 kV a liniei, inclusiv modul de legare a sistemelor romîn şi cehoslovac.

Durata exploatării la 220 kV va fi de aproximativ un an (1963).

Pentru această perioadă nu s-a considerat necesară adoptarea vreunei compensări longitudinale a liniei.

Deoarece, în acest caz, două sisteme de 220 kV vor fi legate printr-o linie foarte lungă, s-au studiat în mod special condiţiile de reglaj al tensiunii şi de punere sub tensiune a liniei.

Ar fi mai favorabil ca linia să fie pusă sub tensiune dinspre partea cehoslovacă, unde în staţia de la Lemeşany există o baterie de condensatoare de 60 MVar şi un compensator sincron de aceeaşi putere care ar face să se reducă variaţia iniţială de tensiune. Puterea capacitivă produsă de linie, de circa 68 MVar, poate fi compensată prin declanşarea bateriei de condensatoare în acelaşi timp cu anclanşarea liniei.

Şocul de tensiune ar putea fi suportat eventual şi de sistemul R.P.R., în cazul în care linia este pusă sub tensiune la Luduş, însă în acest caz ar trebui luate anumite măsuri de precauţie din punct de vedere al exploatării (interconectarea totală sau a unei mari părţi din sistemul romîn). S-a avut în vedere chiar eventualitatea utilizării în acest scop a unei bobine de reactanţă care s-ar anclanşa simultan cu linia, însă, dată fiind perioada scurtă a exploatării în 220 kV, această soluţie s-a abandonat.

Reglajul tensiunii pe linie se poate efectua cu ajutorul unei puteri reactive destul de reduse, după cum se poate constata în figura 14.

Situaţii mai dificile pot apărea în cazul unei avarii în sistemul romîn, cînd tensiunea la punctul de plecare ar putea fi mai redusă decît la punctul de sosire şi puterea transmisă ar fi aproape de limită (180 MW).

În ce priveşte stabilitatea de funcţionare a liniei explotate la 220 kV, s-a constatat că limita de stabilitate dinamică este mai coborîtă decît stabilitatea statică.

Limita de transport de 180 MW a fost găsită pentru două cazuri, şi anume:

— pentru un scurtcircuit bifazic cu pămînt lîngă barele de 220 kV ale staţiei Luduş, în cazul unei interconectări totale a celor două sisteme; durata considerată a unui scurtcircuit este 0,2 s, iar pauza de deionizare de 0,3 s;

— pentru un scurtcircuit monofazic cu pămînt în acelaşi loc, cu declanşare şi anclanşare monofazică, durata unui scurtcircuit este de 0,2 s, iar pauza de deionizare de 0,8 s. Dată fiind lungimea liniei (circa 400 km), sînt în curs studii speciale, pentru a determina condiţiile definitive în care se poate aplica reanclanşarea monofazică pentru acest caz.

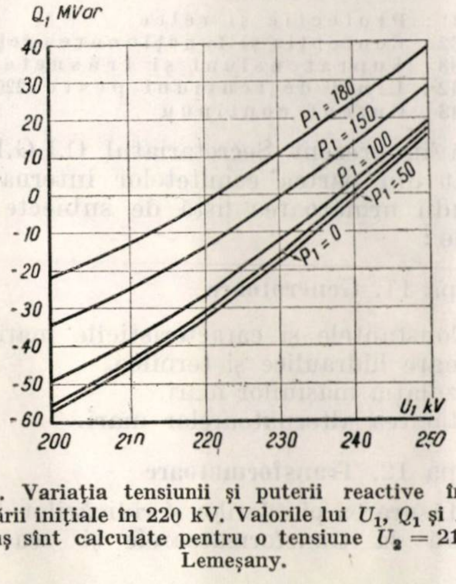


Fig. 14. Variaţia tensiunii şi puterii reactive în scopul exploatării iniţiale în 220 kV. Valorile lui U_1, Q_1 şi P_1 (MW) la Luduş sînt calculate pentru o tensiune $U_2 = 218$ kV la Lemeşany.

Concluzii

Construcţia liniei de 400 kV Luduş-Lemeşany a devenit necesară pentru a permite exportul anual de 2 miliarde kWh din Romînia în Cehoslovacia. Se realizează astfel una dintre cele mai importante artere de interconexiune internaţională. În afară de avantajele ce se vor obţine de sistemele energetice ale celor două ţări prin funcţionarea lor interconectată, prin racordul la această linie al staţiei de 400/220 kV Mukacevo, se va realiza interconexiunea între sistemele energetice ale Romîniei, Cehoslovaciei, Ungariei şi Uniunii Sovietice (Ucraina de vest). Această interconexiune oferă mari avantaje economice celor patru ţări, prin utilizarea comună a rezervei de putere în caz de avarie etc.

De asemenea, se obţine o mărire a capacităţii de transport a tuturor liniilor ce se vor lega la staţia Mukacevo, precum şi o îmbunătăţire a calităţii reglajului frecvenţă-putere de schimb.

A 20-a sesiune a Conferinţei Internaţionale a Marilor Reţele Electrice

Comitetul naţional romîn pentru C.I.G.R.É. comunică:

În cursul anului 1964 se va ţine la Paris cea de-a 20-a sesiune a Conferinţei Internaţionale a Marilor Reţele Electrice.

Se vor discuta următoarele grupe de rapoarte:

Grupa 11: Alternatoare
Grupa 12: Transformatoare
Grupa 13: Intrerupătoare
Grupa 21: Cabluri
Grupa 22: Stîlpi şi fundaţii
Grupa 23/24: Linii aeriene
Grupa 25: Izolatoare
Grupa 31: Protecţie şi relee
Grupa 32: Concepţia şi funcţionarea reţelelor
Grupa 33: Supratensiuni şi trăsnete
Grupa 42: Linii de tensiuni peste 220 kV
Grupa 43: Curent continuu

Pînă în prezent Secretariatul C.I.G.R.É. a obţinut din partea comitetelor internaţionale de studii următoarea listă de subiecte preferenţiale:

Grupa 11. **Generatoare**

1. Constantele şi caracteristicile marilor alternatoare hidraulice şi termice.
2. Izolaţia maşinilor mari.
3. Răcirea alternatoarelor mari.

Grupa 12. **Transformatoare**

1. Măsurarea pierderilor şi ridicărilor de temperatură la transformatoarele şi reactoarele mari.
2. Montajul, instalarea şi încercările dielectrice la transformatoarele mari in situ (la faţa locului).
3. Zgomotele în transformatoare.

Grupa 13. **Întrerupătoare**

1. Defectul kilometric.
2. Comportarea arcului în zona trecerii curentului prin zero.
3. Încercări indirecte.
4. Probleme privind comportarea întrerupătoarelor sub sarcină.
5. Tendinţe şi aspecte noi cu privire la întreruperea curentului.

Grupa 21. **Cabluri**

1. Izolaţii sintetice.
2. Învelişuri de protecţie contra coroziunilor (proprietăţi fizice şi electrice la supratensiuni).
3. Probleme în legătură cu condiţiile de funcţionare termică a cablurilor.

Grupa 22. **Stîlpi şi fundaţii**

A. *Fundaţii*

1. Fundaţii din beton supuse la eforturi de smulgere. Comunicări asupra încercărilor pe fundaţii reale sau pe modele reduse. Punerea la punct a metodelor de calcul.
2. Fundaţii speciale, fundaţii pe piloţi, fundaţii prefabricate din beton sau din oţel. Metode de execuţie şi rezultatele încercărilor.
3. Limita de ridicare sau de tasare a fundaţiilor stîlpilor.

B. *Stîlpi*

1. Activitatea comisiei pentru stîlpi şi examinarea răspunsurilor la chestionarele cu privire la practica diferitelor ţări pentru proiectele de stîlpi.
   Examinarea răspunsurilor pentru OENU.
2. Rezultatele încercărilor stîlpilor.
3. Experienţele cu stîlpi de concepţie nouă (tipuri noi de stîlpi, stîlpi din material plastic).
4. Ipoteze speciale asupra sarcinilor stîlpilor.
   a) Influenţa lungimii lanţurilor de suspensie şi a susţinerii prin conductoare de protecţie asupra sarcinii la rupere a conductoarelor.
   b) Ipotezele de sarcină pentru conductoarele fasciculare.
5. Utilizarea maşinilor electronice pentru proiectarea stîlpilor:
   a) Calculul şi studiul deschiderilor economice.
   b) Dimensionarea stîlpilor.
6. Eventuala influenţă a deplasării fundaţiilor separate asupra construcţiei stîlpilor.
7. Probleme diferite:
   a) Eventuala reducere a coeficienţilor de siguranţă.
   b) Tehnici noi.
   c) Protecţia împotriva coroziunii.

Grupa 23/24. **Linii aeriene**

1. Tracţiuni medii (everyday stress).
2. Vibraţii:
   a) Vibraţii de înaltă frecvenţă şi vibraţia eoliană.
   b) Vibraţii de joasă frecvenţă şi dansul conductorilor.
3. Coeficient de siguranţă:
   a) Sarcinile conductorilor exteriori şi solicitările corespunzătoare.
   b) Toleranţele şi abaterile de fabricaţie din punct de vedere al dimensionării şi al exploatării conductoarelor, izolatoarelor, suporţilor şi fundaţilor.

c) Durata de viaţă în exploatare şi întreţinerea viitorului material al liniilor de transport.

4. Fluajul conductoarelor de oţel — aluminiu.
5. Temperatura conductoarelor şi regimuri de exploatare.
6. Piese de distanţă pentru conductoare fasciculare.
7. Reguli pentru amplasarea liniilor aeriene (studiu cerut de OENU).
8. Funcţionarea liniilor aeriene în ţările caracterizate printr-un cost ridicat al drepturilor de trecere.

Grupa 25. **Izolatoare**

1. Tehnica aprecierii comportării unui izolator în atmosferă cu impurităţi.
2. Experienţe asupra comportării în funcţionare a izolatoarelor în atmosferă cu impurităţi.
3. Încercări cu ultrasunete.
4. Îmbrăcăminţi semiconductoare pentru izolatoare, pentru controlul solicitărilor.

Grupa 31. **Protecţie şi relee**

1. Probleme de protecţie în schemele reţelelor, permiţînd realizarea de economii la utilizarea întreruptoarelor şi în alte configuraţii speciale ale reţelelor.
2. Probleme privind comportarea sub sarcină a diverselor elemente ale reţelelor sub aspectul :

a) protecţiilor termice ;

b) comportarea protecţiilor principale şi de rezervă, îndeosebi în cazul legăturilor de interconectare între reţelele puternice.

3. Repercusiunile perturbaţiilor în reţelele de înaltă tensiune asupra continuităţii de funcţionare a instalaţiilor industriale cu motoare de putere mare şi mijlocie.

Grupa 32. **Concepţia şi funcţionarea reţelelor**

1. Metode de planificare a reţelelor.
2. Metode de exploatare a reţelelor (dispecerul economic).
3. Probleme de stabilitate puse de evoluţia caracteristicilor maşinilor generatoare. Influenţa regulatoarelor.

Grupa 33. **Supratensiuni şi trăsnete**

1. Caracteristicile contorului loviturilor de trăsnet.
2. a) Măsuri la şoc în gama de 1/2 microsecundă şi mai jos.

b) clacarea eclatoarelor mari cu unde de şoc standard.

3. Mecanismul de clacare la eclatoarele mari cu o izolaţie prin aer şi material masiv, precum şi prin aer în serie.
4. Încercări de şoc comparative asupra eclatoarelor cu tije.
5. Caracteristicile descărcării trăsnetului.
6. Atenuarea supratensiunilor în cablurile de energie electrică şi în liniile aeriene.

Grupa 42. **Linii de tensiuni peste 220 kV**

1. Reducerea costului liniilor de tensiune foarte înaltă prin îmbunătăţirea studiilor şi detaliilor de construcţie.
2. Progrese în cercetarea unor probleme privind tensiunile foarte înalte :

a) Perturbaţii radiofonice şi efect corona — linii experimentale şi lucrări teoretice.

b) Supratensiuni interne.

c) Alte probleme.

3. Domenii de utilizare a liniilor de transport de energie electrică în curent alternativ şi curent continuu.
4. Exploatarea liniilor de foarte înaltă tensiune.

Grupa 43. **Curent continuu**

1. Studiu general al noilor proiecte de transport de energie şi comparaţii economice.
2. Funcţionarea dispozitivelor existente şi informaţii de exploatare.
3. Concepţia generală asupra liniilor aeriene de curent continuu, în special în ceea ce priveşte izolatoarele, distanţele la masă şi efectul corona.
4. Caracteristicile de exploatare ale mutatoarelor şi controlul acestora prin încercări.
5. Conexiuni şi aparate principale în staţiile de capăt de curent continuu.
6. Materiale şi modul de fabricare a cablurilor de înaltă tensiune de curent continuu.
7. Suprimarea sau reducerea supratensiunilor armonicelor şi a perturbaţiilor radiofonice şi telefonice.
8. Efectele întoarcerii prin pămînt.
9. Concepţia şi analiza reţelelor de transport.
10. Concepţia circuitelor de comandă şi protecţie.
11. Concepţia celorlalte echipamente auxiliare.
12. Conectarea liniilor de curent continuu şi întreruperea liniilor de curent continuu de foarte înaltă tensiune.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

MUNCITORI TEHNICIENI INGINERI –

Editura tehnică publică cărți tehnice în următoarele domenii ale tehnicii și științelor aplicate: metalurgie, construcții de mașini și utilaje, energetică, electrotehnică, automatică, electronică industrială, radio, televiziune, telecomunicații cu fir, chimie, industrie chimică, geologie, mine, petrol și gaze, construcții, materiale de construcții, instalații, industria lemnului, industrie ușoară, industrie alimentară, transporturi, matematică, fizică, dicționare-lexicoane, arhitectură.

Cărțile apărute în Editura tehnică se pot procura:

- **DIN LIBRĂRIILE DE LA ORAȘE ȘI SATE**
- **PRIN MAGAZINELE COOPERAȚIEI DE CONSUM**
- **PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN ÎNTREPRINDERI ȘI INSTITUȚII**
- **PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN COMUNE ȘI SATE**

PENTRU A CONTRIBUI LA ÎMBUNĂTĂȚIREA ACTIVITĂȚII EDITORIALE CU PRIVIRE LA LITERATURA TEHNICĂ, TRIMITEȚI OBSERVAȚIILE ȘI PROPUNERILE DVS. LA:

EDITURA TEHNICA

Str. ȘTIRBEI VODĂ Nr. 37
RAIONUL „16 FEBRUARIE“
BUCUREȘTI

A APĂRUT VOLUMUL XI

din

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— ELABORARE NOUĂ —

Volumul conține termenii directori care încep cu literele **Med — Oz**

Costul unui volum 100 lei

СОДЕРЖАНИЕ

Специальный номер, посвященный сессии **C.I.G.R.É.** 1962 г.

ДК 621.311.1.027.3(063)100 C.I.G.R.E.
Georgescu A.: **Значение работ C.I.G.R.E. для румынских специалистов**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 93—94

ДК 621.311.1.027.3(063)100 C.I.G.R.E.
Constantinescu, E. и *Groza L.*: **Работы XIX сессии Международной Конференции Мощных Электросетей. Перечень докладов, представленных на Сессии C.I.G.R.E. 1962 г.**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 95—101

ВОПРОСЫ, ПОДВЕРГНУТЫЕ ОБСУЖДЕНИЮ РАБОЧИМИ ГРУППАМИ В РАМКАХ СЕССИИ

ДК 621.316.262 : 621.311.1.027.3(063)100
Berenghi, St.: **Трансформаторные станции и подстанции (Группа 15)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 102—103

ДК 621.315.051 :621.311.1.027.3(063)100
Groza, L.: **Концепция, лежащая в основе работы сетей (Группа 32)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 103—106

ДК 621.395.44 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E.: **Телепередачи (Группа 34)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 106—107

ДК 621.395.8 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E.: **Телефонные и радиовещательные помехи (Группа 35)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 107

ДК 621.317.333 : 621.311.027.3(063)100
Groza, L.: **Координирование изоляционных материалов (Группа 41)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 108—109

ДК 621.315.05.025 : 621.3.027.7/8 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E.: **Передача электроэнергии переменного тока сверхвысокого напряжения (Группа 42)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 109—112

ВОПРОСЫ ПОДВЕРГНУТЫЕ ОБСУЖДЕНИИ НАУЧНЫМИ КОМИТЕТАМИ

ДК 621.315.66 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E.: **Опоры и основания (Комитет № 7)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 113—114

ДК 621.315 051 : 621.311.1.027.3(063)100
Groza, E.: **Концепция, лежащая в основе работы сетей (Комитет № 13)**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 114—116

* * *

ДК 621.316.4.001.24 : 621.311.1.027.3(063)100
Dimo, P., Groza, L. и *Moraite, G.*: **Улучшение условий испытания по определению параметров сети**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 117—129

ДК 621.311.161 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E., Militaru, P., Groza, L., Grof, F. и *Novak, I.*: **Объединение энергосистем в 400 кв, принадлежащих Р.Н.Р. и Р.С.Ч.Р.**
Energetica *11* (1963), № 3, стр. 130—137

ХРОНИКА, p. 138—139

INHALTSVERZEICHNIS

Anlässlich der C.I.G.R.E.-Tagung 1962 herausgegebenes Sonderheft

DK 621.311.1.027.3(063)100 C.I.G.R.E
Georgescu, A.: **Die Bedeutung der C.I.G.R.E.-Tagung für die Fachleute unseres Landes**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 93—94.

DK 621.311.1.027.3(063)100 C.I.G.R.E.
Constantinescu, E. und *Groza, L.*: **Die Arbeiten der 19. Tagung der Internationalen Konferenz der Grossen elektrischen Netze (C.I.G.R.E) Titel der C.I.G.R.E.-Tagung 1962 vorgelegten Berichte**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 95—101.

IN DEN ARBEITSGRUPPEN DER TAGUNG BESPROCHENE FRAGEN

DK 621.316.262 : 621.311.1.027.3(063)100
Berenghi, St.: **Umspann- und Schaltwarten (Gruppe 15)**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 102—103.

DK 621.315.051 : 621.311.1.027.3(063)100
Groza, L.: **Planung und Betrieb von Netzen (Gruppe 32)**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 103—106.

DK 621.395.44 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E.: **Fernsprechleitungen (Gruppe 34).**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 106—107.

DK 621.395.8 :621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu. E.: **Störungen in Telephonie und Rundfunk (Gruppe 35)**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 107.

DK 621.317.333 : 621.311.1.027.3(063)100
Groza, L.: **Koordinierung der Isolierung (Gruppe 41)**
Energetica *11* (1963), H. 3, 108—109.

DK 621.315.05.025 : 621.3.027.7/8 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E.: **Energietransporte mit Wechselstrom bei Höchstspannung (Gruppe 42)**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 109—112.

IN DEN STUDIEN-KOMITES BESPROCHENE FRAGEN

DK 621.315.66 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu, E.: **Maste und Mastgründungen (Komité Nr. 7)**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 113—114.

DK 621.315.051 :621.311.1.027.3(063)100
Groza, L.: **Planung und Betrieb von Netzen (Komité Nr. 13)**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 113—114.

* * *

DK 621.316.4.001.24 : 621.311.1.027.3(063)100
Dimo, P., Groza, L. und *Moraite, G.*: **Optimierung der Versuchsbedingungen für Bestimmung der Parameter eines Netzes**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 117—129.

DK 621.311.161 : 621.311.1.027.3(063)100
Constantinescu , E., Militaru, P., Groza, L., Grof, F. und *Novak, L*: **400 *kV*-Verbundbetrieb zwischen der R.V.R. und C.S.S.R.**
Energetica *11* (1963), H. 3, S. 130—137.

KRONIK, p. 138—139

SOMMAIRE

Numéro spécial consacré à la Session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (C.I.G.R.E.) 1962

CD 621.311.1.027.3(063)100 C.I.G.R.E

Georgescu, A.: **L'importance des travaux de la C.I.G.R.E. pour les spécialistes de notre pays**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 93—94.

CD 621.311.1.027.3(063)100 C.I.G.R.E.

Constantinescu, E. et *Groza, L.* : **Les travaux de la 19-ème Session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (C.I.G.R.E.) La liste des rapports présentés à la Session C.I.G.R.E. 1962**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 95—101.

LES PROBLEMES DISCUTES DANS LES GROUPES DE TRAVAIL PENDANT LA SESSION

CD 621.316.262 : 621.311.1.027.3(063)100

Berenghi, St. : **Stations de transformation et de connexion. (Groupe 15).**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 102—103.

CD 621.315.051 : 621.311.1.027.3(063)100

Groza, L. : **La conception et le fonctionnement des réseaux. (Groupe 32).**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 103—106.

CD 621.395.44 : 621.311.1.027.3(063(100)

Constantinescu, E. : **Télétransmissions. (Groupe 34)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 106—107.

CD 621.395.8 : 621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E. : **Perturbations téléphoniques et radiophoniques. (Groupe 35).**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 107.

CD 621.317.333 : 621.311.027.3(063)100

Groza, L. **Coordination des isolements. (Groupe 41)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 108—109.

CD 621.315.05.025 : 621.3.027.7/8 : 621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E.: **Le transport de l'énergie électrique en courant alternatif à très haute tension (Groupe 42).**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 109—112.

LES PROBLEMES DISCUTES DANS LES COMITES D'ETUDES

CD 621.315.66 :621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E. : **Pilônes et fondations. (Comité No. 7)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 113—114.

CD 621.315.051 : 621.311.1.027.3(063)100

Groza, L. : **La conception et le fonctionnement des réseaux. (Comité No. 13)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 114—116.

* * *

CD 621.316.4.001.24 : 621.311.1.027.3(063)100

Dimo, P., *Groza, L.* et *Moraite, G.* : **Optimisation des conditions d'essai pour la determination des paramètres d'un réseau**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 117—129.

CD 621.311.161 : 521.311.1.027.3.(063)100

Constantinescu, E., *Militaru, P.*, *Groza, L.*, *Grof, F.* et *Novak, I.* : **Interconnexion en 400 kV entre les réseaux de la Roumanie et de la Tchécoslovaquie**

Energetica *11* (1963), H. 3, S. 130—137.

CRONIQUE, p. 138—139

CONTENTS

Special number dedicated to the C.I.G.R.E.—Session 1962

DC 621.311..027.3.(063)100 C.I.G.R.E.

Georgescu, A. : **The proceedings of the CIGRE — Their importance to our specialists**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 93—94.

DC 621.311.1.027.3.(063)100 C.I.G.R.E.

Constantinescu, E. and *Groza, L.* : **Proceedings of the 19-th Session of the C.I.G.R.E. List of the papers presented to the C.I.G.R.E.-Session 1962**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 95—101.

PROBLEMS DISCUSSED BY THE WORKING GROUPS DURING THE SESSION

DC 621.316.262.621.311.1.027.3(063)100

Berenghi, St. : **Substations (Group 15)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 102—103.

DC 621.315.051 : 621.311.1.027.3(063)100

Groza, L. : **Planning and operation of networks (Group 32)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 103—106.

DC 621.395.44 : 621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E. : **Telecomunications (Group 34)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 106—107.

DC 621.395.8 : 621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E. : **Telephone and radio perturbations (Group 35)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 107.

DC 621.317.333 : 621.311.027.3(063)100

Groza, L. : **Coordination of the insulation (Group 41)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 108—109.

DC 621.315.05.025 : 621.3.027.7/8 : 621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E. : **A—C extra-high voltage power transmission (Group 42)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 109—112.

PROBLEMS DISCUSSED BY THE STUDY COMMITTEES

DC 621.315.66 : 621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E. : **Poles and pole foundations (Committee no. 2)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 113—114.

DC 621.315.051 : 621.311.1.027.3(063)100

Groza, L. : **Planning and operation of networks (Committee no. 13)**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 114—116.

* * *

DC 621.316.4.001.24 : 621.311.1.027.3(063)100

Dimo P., *Groza, L.* and *Moraite, G.* : **The optimization of tests conditions for the determination of the parameters of a network**

Energetica *11* (1963), nr. 3, p. 117—129.

DC 621.311.161 : 621.311.1.027.3(063)100

Constantinescu, E., *Militaru, P.*, *Groza., L.*, *Grof, F.* and *Novak, I* : **Interconnexion at 400 kV between the energetic systems of Rumania and Czechoslovakia.**

Energetica *11* (1963), H. 3, S. 130—137.

CHRONICLE, p. 138—139

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico=ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare :

1.1.1. de importanţă generală (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. tehnico-ştiinţifice, speciale, teoretice sau experimentale, avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. tehnice obişnuite (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. Lucrări care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. Organizarea lucrării.

2.1.1. Titlul va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. Numele autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. Impărţirea pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. Textul. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic, ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. Anexele pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text : de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. Citarea literaturii de specialitate. Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. Prezentarea lucrării :

2.2.1. Nivelul articolelor va fi înalt.

2.2.2. Stilul. Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări, cu excepţia celor unanim cunoscute.

2.2.3. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuaţie şi indicarea rezultatelor. Pentru demonstraţii se vor alcătui anexe (v. pct. 2 1.7.).

2.2.4. Tabelele se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă şi diagramă. Tabelele vor fi referite în text şi se va indica sursa lor.

2.2.5. Materialul grafic ilustrativ (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară şi intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text şi vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. Sistematizarea şi numerotarea capitolelor se vor face cu grijă, evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării.

2.3.1. Terminologie, mărimi şi unităţi. Se recomandă a fi conforme cu normele internaţionale şi STAS în vigoare.

2.3.2. Scrierea formulelor. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în paranteze rotunde, în dreapta.

2.3.3. Figurile trebuie executate unitar şi raţional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicaţia figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. Notele din text se numerotează în continuare.

2.3.5. Citarea literaturii în text se face prin simpla indicare a poziţiei lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte menţiuni.

2.3.6. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteze), ediţia, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). In partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. Paginaţia se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. Expedierea. Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 şi cu plicul conţinînd materialul grafic ilustrativ anexat.

3. RELAŢII CU REDACŢIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

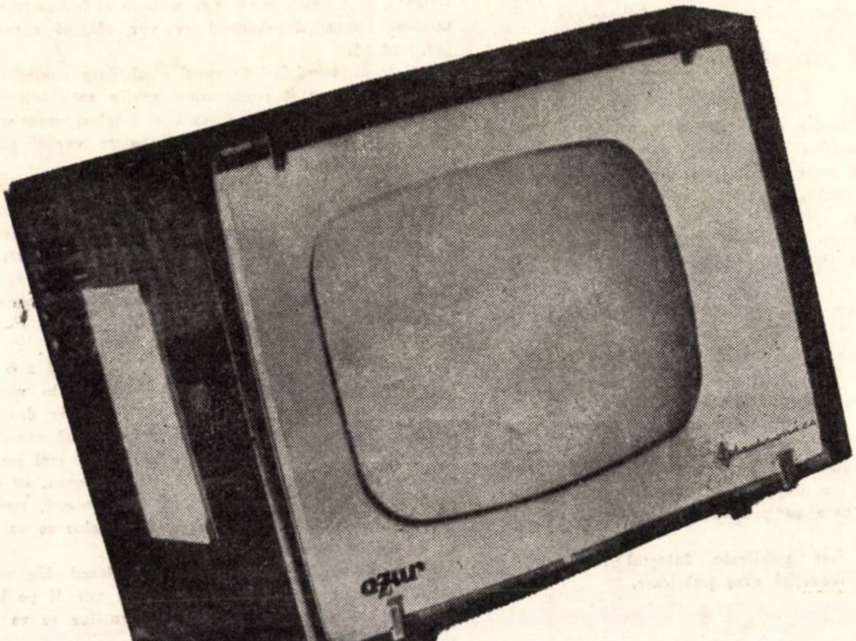
3.2. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri academice, funcţiuni, localitatea şi adresa, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esenţiale faţă de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

„AZUR"



- Un televizor realizat cu circuite imprimate.
- Linie elegantă; stabilitate remarcabilă în funcționare.
- Imagine de înaltă calitate.
- Comutator de canele cu 12 poziții
- Diagonala ecranului de 43 cm
- 16 tuburi electronice + 2 diode cu germaniu + 2 diode cu seleniu
- Tensiunile de alimentare: 120 V și 220 V.

PRODUS DE UZINELE

Electronica

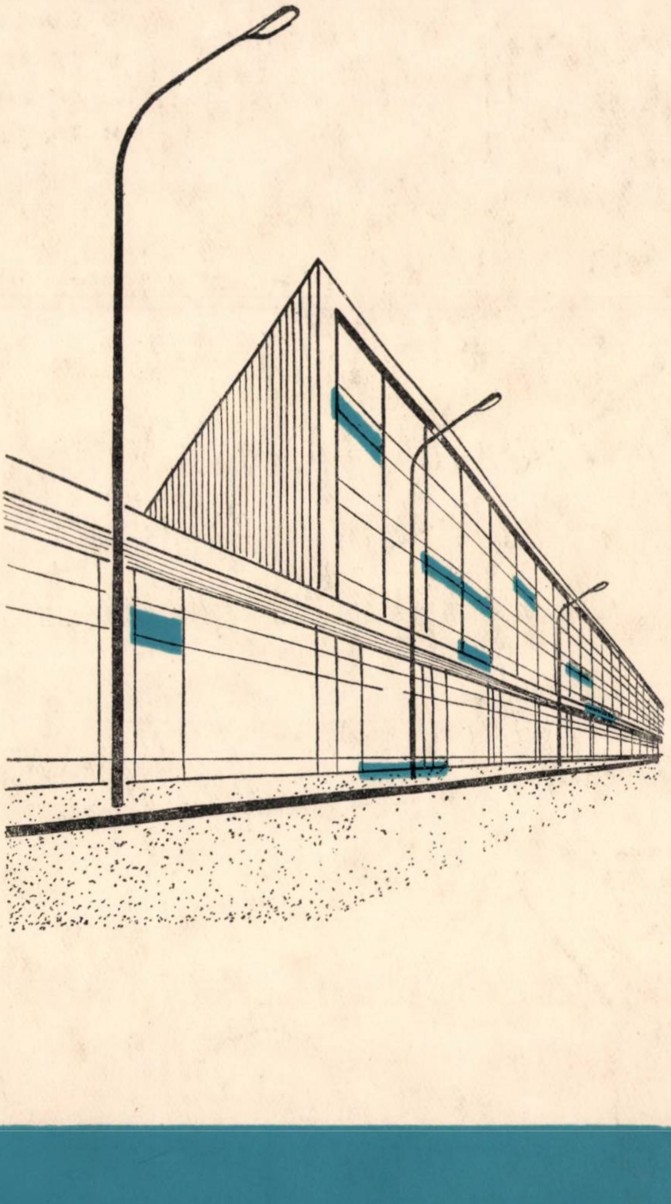
E 2039

R

REFERAT

ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 4 ★ ENERGETICA

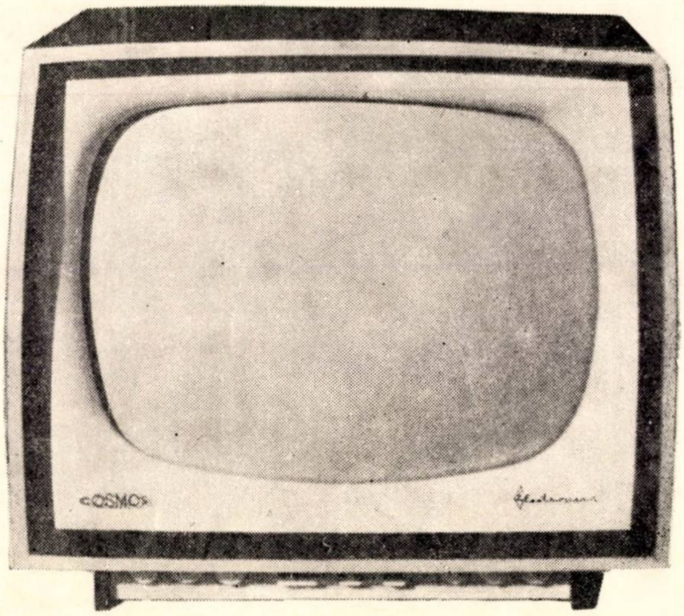


4

BUCUREȘTI ★ APRILIE ★ 1963

„COSMOS"

- *Un televizor modern cu ecran mare avînd diagonala de 54 cm.*
- *Imaginea de cea mai bună calitate datorită strălucirii ei deosebite.*
- *Aparatul este înzestrat cu cele mai noi dispozitive de reglaj automat.*
- *Performanțe acustice deosebite*
- *Televizorul este realizat cu cablaj imprimat*
- *Comutator de canale cu 12 poziții*
- *18 tuburi electronice + 9 diode semiconductoare + 1 redresor cu seleniu*
- *3 difuzoare*



PRODUS DE UZINELE

Electronica

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 4 APRILIE 1963

CUPRINS

NUMĂR SPECIAL CONSACRAT PROBLEMELOR DE ILUMINAT, PUBLICAT SUB ÎNGRIJIREA COMITETULUI NAȚIONAL ROMÎN C.I.E.

Gheorghiu, N. : **Realizări și sarcini în tehnica iluminatului.**

Energetica 11 (1963), nr. 4, p. 141

CZ 535.245.11/13

Militaru, P. : **Considerații asupra determinării fluxului luminos al corpurilor de iluminat prin metode grafice și cu ajutorul dispozitivelor mecanice**

Energetica 11 (1963), nr. 4, p. 142—150

CZ 621.327.4

Ionescu, E. și *Matei, D.* : **Lampa cu descărcări în gaze, cu trei electrozi, alimentată dintr-o rețea monofazată**

Energetica 11 (1963), nr. 4, p. 150—158

CZ 628.971

Vîlciu, Cr. : **Probleme actuale ale iluminatului exterior în țara noastră**

Energetica 11 (1963), nr. 4, p. 159—168

CZ 628.971.6 : 621.398

Friedmann, W. : **Telesemnalizarea funcționării instalațiilor pentru iluminatul străzilor în orașul București**

Energetica 11 (1963) nr. 4, p. 169—174

CZ 535.241.431.001.24

Rosenberg, N. : **Metoda reflexiilor multiple pentru calculul nivelelor de iluminări și al strălucirilor**

Energetica 11 (1963), nr. 4, p. 174—178

CZ 628.974.6

Oprea, A. : **Iluminatul decorativ urban**

Energetica 11 (1963), nr. 4, p. 179—190

DOCUMENTARE ● COMUNICĂRI

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing **I. D. STANCESCU,** redactor responsabil, conf. ing **C. MIHAILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** acad. prof. ing. **M. BERCOVICI,** laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** şi ing. **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia : Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia : „IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : „IPROMIN"–Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B.I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică nr. 2 Bucureşti — c. 1062

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962.

ENERGETICA

ANUL 11
1963
Nr. 4
APRILIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL
AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

Realizări şi sarcini în tehnica iluminatului

Conf. ing. *NICOLAE GHEORGHIU*,
adjunct al ministrului Minelor şi Energiei Electrice

Planul de electrificare a ţării pentru perioada 1951—1960 a pus şi în faţa oamenilor muncii care se ocupă cu problemele tehnicii iluminatului sarcini deosebit de importante. Situaţia înapoiată din punct de vedere energetic moştenită de la regimul burghezo-moşieresc, caracterizată printr-o putere instalată mică şi o reţea de transport şi distribuţie redusă, se răsfrîngea în mod nefavorabil şi asupra iluminatului.

Faptul că numai 5% din numărul total al satelor erau alimentate cu energie electrică împiedica răspîndirea binefacerilor iluminatului electric pe cea mai mare parte din suprafaţa ţării.

Lipsa unei baze tehnico-ştiinţifice solide în proiectarea, execuţia şi exploatarea iluminatului făcea ca de multe ori performanţele instalaţiilor să nu corespundă necesităţilor şi să nu justifice sumele investite.

Senzaţia de confort fiziologic la locul de muncă sau în cadrul activităţilor extraprofesionale este legată în mod direct de cantitatea şi calitatea luminii primite de ochiul omenesc.

Iluminatul are, de asemenea, un rol important în prevenirea accidentelor de muncă. Acestea pot fi evitate de cele mai multe ori dacă muncitorul observă precis cauzele şi acţionează rapid în vederea înlăturării lor. Ridicarea nivelului de iluminare, evitarea fenomenului de orbire directă şi reflectată, asigurarea unei distribuţii corespunzătoare a strălucirilor în cîmpul vizual etc. îmbunătăţesc condiţiile de vizibilitate, reduc senzaţia de oboseală şi, în consecinţă, sporesc productivitatea muncii în condiţii ameliorate de protecţie a muncii.

În centralele şi staţiile electrice, un iluminat corect contribuie la încordarea atenţiei personalului de exploatare, ceea ce asigură promptitudinea manevrelor, reducerea avariilor şi evitarea accidentelor de muncă.

De o deosebită importanţă este problema iluminatului în uzinele hidroelectrice subterane. În aceste obiective energetice, personalul de exploatare, lucrînd sub influenţa unei lumini artificiale, apropiată ca efect de cea naturală, scapă de senzaţia neplăcută a lucrului în cavernă.

Astăzi se acordă o atenţie deosebită problemelor de iluminat, ţinînd seamă că lumina este o necesitate vitală a activităţii omeneşti.

Pe baza studiilor şi cercetărilor recente efectuate în diverse ţări în ultimii ani, tehnica iluminatului a făcut progrese remarcabile, datorită mai ales performanţelor sporite pe care le realizează tipurile noi de surse şi corpuri de iluminat.

Tuburile fluorescente, baloanele fluorescente cu vapori de mercur, lămpile cu descărcări electrice în vapori de sodiu sau xenon constituie izvoare moderne de iluminat, cu ajutorul cărora instalaţiile de iluminat realizează o lumină din ce în ce mai apropiată de cea naturală.

Industria noastră socialistă, şi în special întreprinderea ,,Electrofar'', dotată cu utilaje de înaltă tehnicitate, îşi sporeşte cu fiecare an gama surselor de lumină pe care le produce, punînd astfel la dispoziţia tehnicienilor mijloacele esenţiale pentru realizarea unor instalaţii de iluminat cu eficienţă tehnico-economică ridicată

Aceste surse au randamente ridicate, realizîndu-se cu acelaşi consum de energie electrică efecte luminoase sporite.

Concepţia modernă despre iluminat trebuie să îmbrăţişeze un vast cîmp de probleme tehnice, fiziologice, estetice şi economice, de rezolvarea lor depinzînd obţinerea unor efecte optime cu cheltuieli cît mai reduse.

Un rol important în ridicarea nivelului calitativ al tehnicii iluminatului îl are Comitetul naţional romîn pentru Comisia Internaţională de Iluminat. Acest comitet trebuie să sprijine activităţile de cercetare, proiectare, execuţie, exploatare, editare etc. a tuturor factorilor care se ocupă de problemele iluminatului. În preocupările comitetului trebuie să se găsească şi colaborarea permanentă cu C.S.C.A.S., Institutul de igienă, Institutul de documentare tehnică, Editura tehnică etc., în scopul coordonării activităţii sale cu a forurilor centrale de avizare, cercetare şi editare. Tot acestui comitet îi revine sarcina ca, prin intermediul Comisiei Internaţionale de Iluminat, să fie la curent cu progresele realizate în alte ţări şi să impulsioneze astfel şi tehnica iluminatului din ţara noastră.

Amenajarea unui laborator central, echipat cu aparate moderne pentru cercetări şi măsurători în domeniul iluminatului, va asigura o bază materială solidă în vederea realizării unui salt calitativ al acestei discipline tehnice.

Aparatele de măsură vor permite să se studieze performanţele instalaţiilor de iluminat sub diverse aspecte: nivelele iluminărilor şi strălucirilor, efecte fiziologice, influenţe asupra activităţii umane etc.

Producţia corpurilor de iluminat trebuie să stea în permanenta atenţie a specialiştilor din ramura respectivă. Sortimentul încă redus de corpuri de iluminat trebuie lărgit în mod simţitor, pentru a se putea face faţă cerinţelor crescînde din diverse sectoare de activitate. În paralel trebuie îmbunătăţită baza tehnico-ştiinţifică a acestei producţii, deoarece numai cunoaşterea precisă a performanţelor realizate de corpurile de iluminat poate conduce la proiectarea unui iluminat judicios.

Varietatea metodelor de calcul utilizate astăzi în proiectarea instalaţiilor de iluminat conduce la rezultate diferite în soluţionarea aceleiaşi probleme, ceea ce trebuie evitat. Comitetul naţional romîn pentru C.I.E. trebuie să analizeze metodele de calcul existente, să stabilească pe cele mai judicioase şi să le recomande tuturor organizaţiilor de proiectare.

Iluminatului exterior îi revine sarcina de a spori siguranţa circulaţiei şi a valorifica aspectul urbanistic al aşezărilor omeneşti. Alegerea surselor, a corpurilor de iluminat, dispoziţia acestora, tipul suporţilor, felul reţelei şi modul de acţionare constituie probleme importante, de a căror rezolvare corectă depinde reuşita de ansamblu a iluminatului exterior.

Nu trebuie neglijate nici aspectele tehnice şi economice ale iluminatului publicitar, sportiv, decorativ etc., care prezintă o importanţă deosebită pentru ridicarea nivelului general de trai şi punerea în valoare a elementelor estetice ale oraşelor noastre.

Prin realizarea planului de şase ani şi a planului de perspectivă, prin dezvoltarea intensă a electrificării ţării, se va asigura pătrunderea iluminatului electric pînă în cele mai îndepărtate colţuri ale patriei, contribuind astfel la îmbunătăţirea nivelului material şi cultural al tuturor oamenilor muncii din Republica Populară Romînă.

Consideraţii asupra determinării fluxului luminos al corpurilor de iluminat prin metode grafice şi cu ajutorul dispozitivelor mecanice

Ing. *PAUL MILITARU*
preşedintele Comitetului naţional romîn CIE

Cunoaşterea repartiţiei în spaţiu a fluxului luminos emis de corpurile de iluminat este necesară în numeroase probleme care se cer rezolvate în tehnica iluminatului. Fotometrul sferic, aparat care serveşte pentru măsurarea directă a fluxului luminos, nu dă decît valoarea totală a acestei mărimi, iar pentru corpurile de iluminat de dimensiuni mari sînt necesare dispozitive de măsurat de dimensiuni apreciabile. Din aceste cauze este necesar să se calculeze fluxul luminos al corpurilor de iluminat, pornind de la corpul fotometric, care reprezintă distribuţia intensităţilor luminoase în spaţiu.

În general, intensitatea luminoasă a unui corp de iluminat, într-o direcţie oarecare în spaţiu, este funcţie de valorile unghiului de azimut β şi unghiului de înălţime α (fig.1), care determină această direcţie:

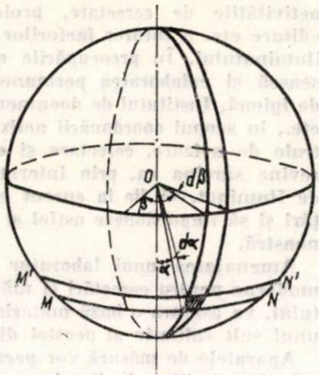


Fig. 1. Unghiul solid elementar.

$$I_{\alpha\beta} = f(\alpha, \beta).$$

Pentru corpurile de iluminat simetrice, intensitatea luminoasă variază numai în funcţie de unghiul α, astfel că se poate scrie:

$$I_\alpha = f(\alpha).$$

Fluxul emis de un izvor luminos într-un unghi solid infinit mic, dω, este:

$$\mathrm{d}\Phi = I_{\alpha\beta}\,\mathrm{d}\omega, \tag{1}$$

iar fluxul total emis de izvor:

$$\Phi = \int\limits_{\alpha=0}^{\pi}\int\limits_{\beta=0}^{2\pi} I_{\alpha\beta}\,\mathrm{d}\omega. \tag{2}$$

Determinînd, pe sfera de rază egală cu unitatea, unghiul solid infinit mic dω prin suprafaţa elementară obţinută prin intersecţia a două cercuri meridiane şi două cercuri paralele (fig.1), expresiile fluxului se scriu [1]:

$$\mathrm{d}\Phi = I_{\alpha\beta}\sin\alpha\,\mathrm{d}\alpha\,\mathrm{d}\beta \tag{3}$$

$$\Phi = \int\limits_{\alpha=0}^{\pi}\int\limits_{\beta=0}^{2\pi} I_{\alpha\beta}\sin\alpha\,\mathrm{d}\alpha\,\mathrm{d}\beta. \tag{4}$$

Pentru un izvor luminos simetric, expresiile fluxului devin:

$$\mathrm{d}\Phi = 2\pi\, I_\alpha \sin\alpha\,\mathrm{d}\alpha \tag{3'}$$

$$\Phi = 2\pi\int\limits_{\alpha=0}^{\pi} I_\alpha \sin\alpha\,\mathrm{d}\alpha. \tag{4'}$$

Fluxul elementar dΦ dat de formula (3′) reprezintă fluxul emis în unghiul solid cuprins între cercurile *MN* şi *M′N′* (fig.1), sau, altfel spus, în unghiul solid cuprins între conurile de unghiuri la vîrf 2α şi 2(α + dα).

Calculul direct al fluxului luminos necesită exprimarea, printr-o expresie analitică integrabilă, a dependenţei dintre intensitatea luminoasă şi unghiurile α, β (pentru izvoarele luminoase oarecare), respectiv unghiul α (pentru izvoarele luminoase simetrice). Acest lucru nu este posibil decît pentru cîteva corpuri de iluminat simetrice simple, avînd suprafaţa perfect difuzantă: sferă, disc circular, element de tub cilindric, emisferă, corpuri de iluminat ideale, care nu se pot realiza decît într-o oarecare măsură în practică. Curbele fotometrice, expresiile care dau dependenţa intensităţii luminoase de unghiul α şi valorile fluxului luminos total, gata calculate pentru aceste corpuri de iluminat, sînt date în figura 2 şi tabela 1.

În cazul corpurilor de iluminat care se întîlnesc în practica iluminatului electric nu se poate

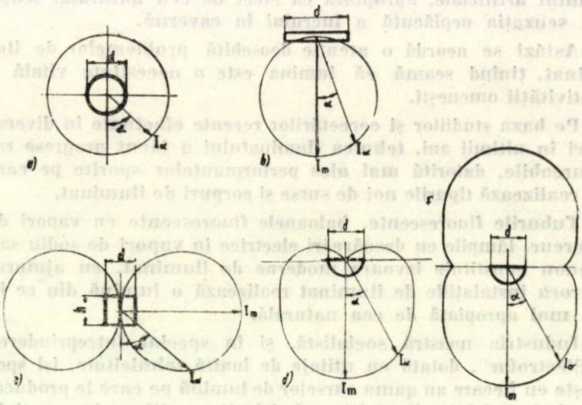


Fig. 2. Curbele fotometrice pentru o serie de corpuri simetrice simple cu suprafaţă perfect difuzantă:

a – sferă; *b* – disc circular; *c* – element de tub cilindric cu bazele opace; *d* – emisferă cu bază opacă; *e* – emisferă cu baza luminoasă.

Tabela 1

Caracteristicile unor corpuri de iluminat simetrice simple având suprafețe perfect difuzante

Corpul de iluminat	Curba fotometrică	Proiecția suprafeței luminoase în direcția α, S_α	Expresia curbei fotometrice	Fluxul luminos total [lm]	Observații
Sferă	Fig. 2a	$S_\alpha = \frac{\pi d^2}{4}$	$I_\alpha = I_0 = \text{const.}$	$4\pi I_0$	
Disc circular	Fig. 2b	$S_\alpha = \frac{\pi d^2}{4} \cos\alpha$	$I_\alpha = I_m \cos\alpha$	πI_m	
Element de tub cilindric cu bazele opace	Fig. 2c	$S_\alpha = hd \sin\alpha$	$I_\alpha = I_m \sin\alpha$	$\pi^2 I_m$	
Emisferă cu baza opacă	Fig. 2d	$S_\alpha = \frac{\pi d^2}{4} \frac{1+\cos\alpha}{2}$	$I_\alpha = I_m \frac{1+\cos\alpha}{2}$	$2\pi I_m$	
Emisferă cu baza luminoasă	Fig. 2e	$S_\alpha = \frac{\pi d^2}{4} \frac{1 \pm \cos\alpha^*}{2}$	$I_\alpha = I_m \frac{1 \pm \cos\alpha^*}{2}$	$3\pi I_m$	* Pentru $\alpha = 0 \div 90°$ se ia semnul +, iar pentru $\alpha = 90 \div 180°$ semnul −

exprima analitic dependența intensității luminoase de unghiurile de azimut și de înălțime. Pentru calculul fluxului luminos se recurge fie la metode de integrare numerică, fie la metode de integrare grafică.

Dintre metodele grafice de calcul, cele mai cunoscute [1, 2, 3] sînt metodele Rousseau și Matthews, prin care, pornind de la curba fotometrică a corpului de iluminat simetric, se ajunge la curba fluxului, care închide o suprafață egală la o anumită scară cu fluxul luminos. În metoda Rousseau, fluxul este reprezentat în coordonate carteziene, iar în metoda Matthews în coordonate polare.

Pornind de la aceste metode se arată în cele ce urmează cum se pot realiza grafice cu ajutorul cărora să se traseze curbele fluxului luminos, fără a se mai executa construcțiile grafice prin puncte. De asemenea se prezintă dispozitive mecanice cu ajutorul cărora se poate trasa direct curba polară a fluxului luminos, urmărindu-se cu un ac curba fotometrică a corpului de iluminat.

1. Metoda Rousseau și graficul fluxului luminos în coordonate carteziene

În metoda grafică Rousseau, cu ajutorul construcției grafice prin puncte, reprezentată în figura 3, se transpune curba fotometrică $I_\alpha = f(\alpha)$ într-un sistem rectangular de axe de coordonate x, y:

$$x = R - R\cos\alpha\,; \quad y = aI_\alpha \qquad (5)$$

în care:

R este raza cercului ajutător, cm;
a — modulul scării pentru intensitățile luminoase (1 cd = a cm).

Un element din suprafața închisă de curba Rousseau este deci:

$$ds = y\,dx = Ra\,I_\alpha \sin\alpha\,d\alpha. \qquad (6)$$

Împărțind această expresie prin expresia (3′), care dă fluxul elementar emis între conurile de unghiuri la vîrf, 2α și $2(\alpha + d\alpha)$, rezultă:

$$\frac{d\Phi}{ds} = \frac{2\pi}{Ra}.$$

Deci suprafața închisă de curba Rousseau reprezintă fluxul luminos la scara 1 [cm²] $= \frac{2\pi}{Ra}$ [lm].

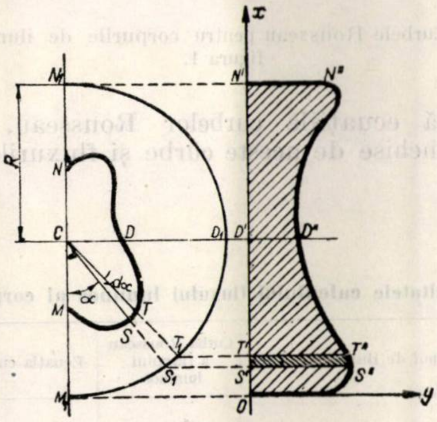


Fig. 3. Metoda grafică Rousseau.

Înlocuind în ecuațiile (5) pe $I_\alpha = f(\alpha)$ și eliminînd pe α între aceste două ecuații, se obține ecuația $f(x,y) = 0$ a curbei Rousseau în sistemul de axe de coordonate reprezentat în figura 3. Din păcate, acest lucru este posibil numai pentru corpuri de iluminat simple; de exemplu pentru un element de tub cilindric cu baze opace $I_\alpha = I_m \sin\alpha$ (fig. 2 și tabela 1).

$$x = R - R\cos\alpha\,; \quad y = aI_m \sin\alpha,$$

de unde:

$$\sin\alpha = \frac{y}{a\,I_m}\,; \quad \cos\alpha = \frac{R - x}{R}$$

$$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1.$$

Ecuația curbei căutate este deci:

$$\frac{(R-x)^2}{R^2}+\frac{y^2}{a^2 I_m^2}=1,$$

care reprezintă o elipsă avînd centrul în punctul C de coordonate $x_c = R$, $y_c = 0$ și bazele R și aI_m.

În figura 4 sînt date curbele Rousseau pentru corpurile de iluminat simple din figura 2. Tabela 2

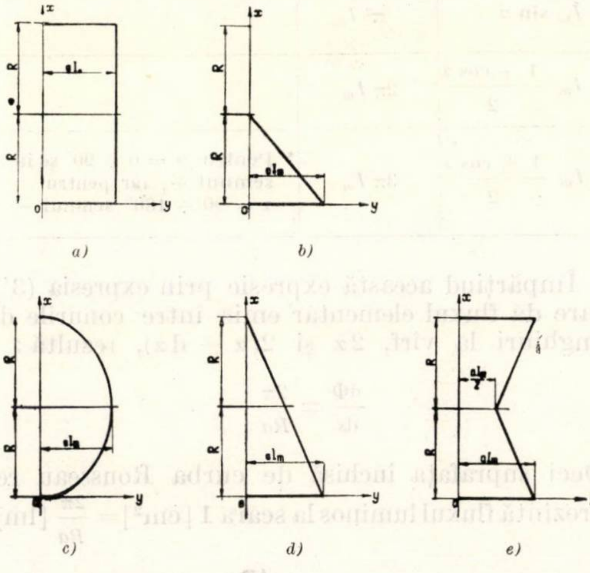


Fig. 4. Curbele Rousseau pentru corpurile de iluminat din figura 1.

prezintă ecuațiile curbelor Rousseau, suprafețele închise de aceste curbe și fluxurile totale calculate cu ajutorul acestei metode pentru aceleași corpuri de iluminat.

Prin trasarea unei diagrame carteziene avînd scări gradate funcțional, se poate evita construcția grafică punct cu punct. Pentru aceasta, pe suportul Oy, așezat ca în figura 3, se notează valorile intensităților luminoase, modulul scării fiind a (1 cd $= a$ cm), iar pe suportul Ox se notează valorile unghiului α, abscisele x pentru un anumit unghi fiind:

$$x = R\,(1-\cos\alpha),$$

R fiind de astă dată modulul scării și nemaiavînd legătură cu vreun cerc ajutător. Suprafețele reprezintă fluxurile în grafic la scara 1 [cm²] $= \frac{2\pi}{Ra}$ [lm]. În figura 5 este reprodus graficul astfel construit. Rețeaua de drepte permite să se deseneze direct curba Rousseau, notînd în dreptul fiecărui punct, de un anumit unghi α, punctul reprezentînd valoarea intensității luminoase.

Examinînd relațiile [5] și [6], se observă că se poate, de asemenea, executa un grafic pentru fluxul luminos, reprezentînd pe suportul Ox unghiul α, pe o scară liniară de modul constant $x = R\alpha$, iar pe suportul Oy intensitatea luminoasă pe o scară liniară de modul variabil în funcție de unghiul α: $y = (a \sin\alpha)\, I_\alpha$. Un astfel de grafic este reprezentat în figura 6 $\left[\frac{\text{cm}}{\text{rad}}\right]$. Suprafețele reprezintă fluxurile la scara $\frac{2\pi}{Ra}$, ca și în graficul din figura 5.

Tabela 2

Rezultatele calculului fluxului luminos al corpurilor de iluminat din tabela 1 cu ajutorul metodei grafice Rousseau

Corpul de iluminat	Curbă Rousseau a fluxului luminos	Ecuația curbei Rousseau	Suprafața totală închisă de curba Rousseau	Fluxul luminos total, [lm]	Observații
Sferă	Fig. 4a	$y = a\, I_0$	$2\, Ra\, I_0$	$4\pi\, I_0$	
Disc circular	Fig. 4b	$y = -\frac{aI_m}{R}\, x + aI_m$	$\frac{1}{2}\, Ra\, I_0$	$\pi\, I_m$	
Element de tub cilindric cu bazele opace	Fig. 4c	$\frac{(x-R)^2}{R^2} + \frac{y^2}{a^2 I_m^2} = 1^{*}$	$\frac{\pi}{2}\, Ra\, I_m$	$\pi^2\, I_m$	* Elipsă avînd centrul în punctul de coordonate $x = R$, $y = 0$.
Emisferă cu baza opacă	Fig. 4d	$y = -\frac{aI_m}{2R}\, x + aI_m$	$Ra\, I_m$	$2\pi\, I_m$	
Emisferă cu baza luminoasă	Fig. 4e	$y = -\frac{aI_m}{2R}\, x + aI_m^{**}$	$\frac{3}{2}\, Ra\, I_m$	$3\pi\, I_m$	** Formulă valabilă pentru $0 \leqslant x \leqslant R$ ($\alpha = 0 \div 90°$)
		$y = \frac{aI_m}{2R}\, x^{***}$			*** Formulă valabilă pentru $R \leqslant x \leqslant 2R$ ($\alpha = 90° \div 180°$)

Mai avantajoasă apare utilizarea graficului din figura 5, unde se notează mai ușor punctele reprezentînd valorile intensităților luminoase, modulul scării acestei mărimi fiind constant pentru orice valoare a unghiului α.

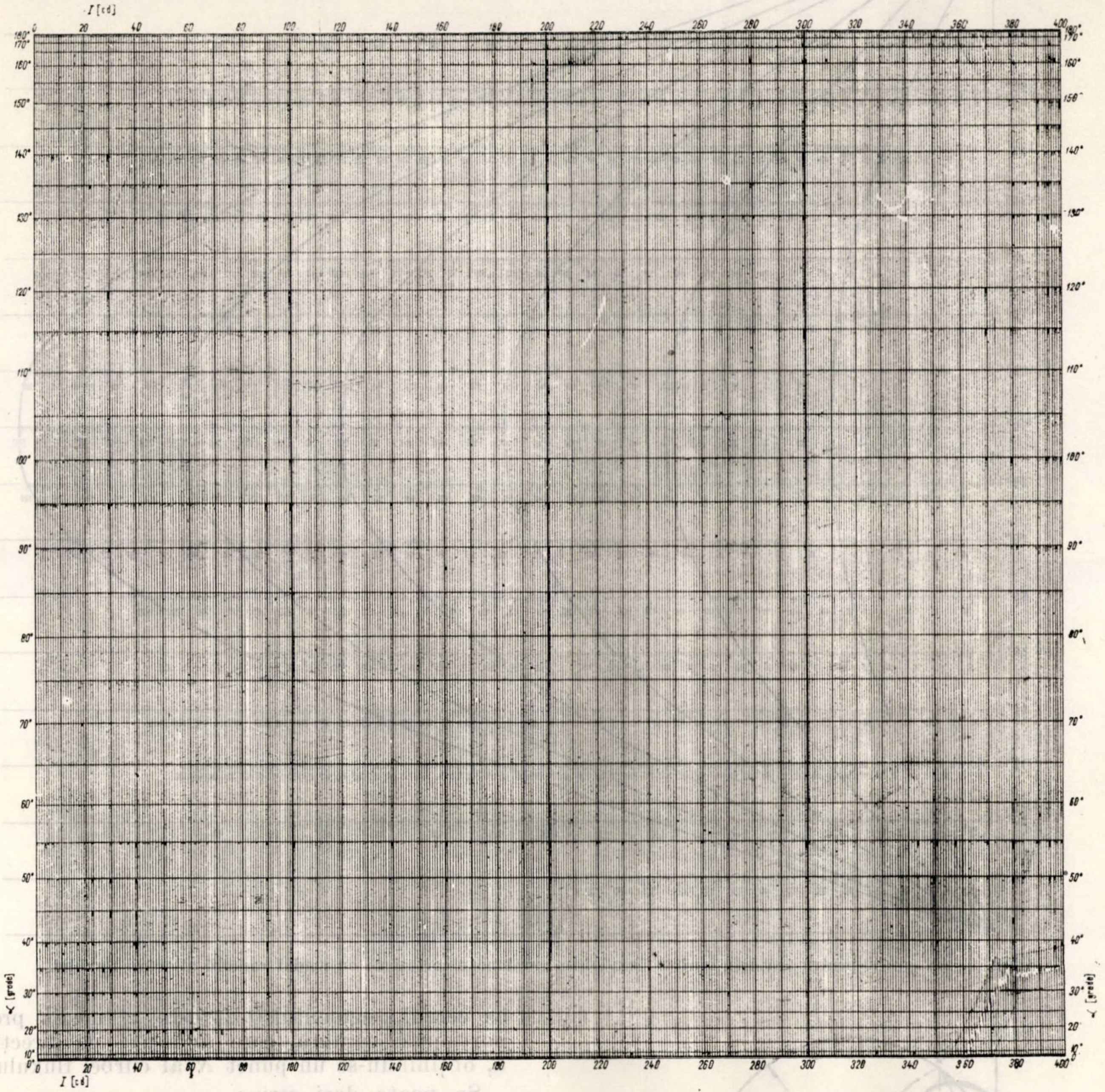


Fig. 5. Grafic pentru trasarea curbei fluxului în coordonate carteziene cu modul constant al scării fluxului.

. Metoda Matthews și dispozitivele mecanice pentru trasarea curbei fluxului

Prin metoda Matthews se face o reprezentare în coordonate polare a fluxului. Fluxul elementar emis între conurile de unghiuri la vîrf 2α și $2(\alpha + d\alpha)$ este reprezentat prin suprafața delimitată de curba fluxului și cele două raze făcînd unghiurile 2α și $2(\alpha + d\alpha)$ cu axa de referință:

$$ds = \frac{1}{2}\rho_\alpha^2 \, d\alpha, \qquad (7)$$

în care ρ_α este coordonata polară a curbei polare a fluxului pentru unghiul α (fig.7) Raza ρ_α (ON sau OM_2 din figura 7) se determină ca medie geometrică a segmentelor $2R$ (diametrul cercului auxiliar cu centrul în C) și $aI_\alpha \sin\alpha$, în care a este, ca și în metoda precedentă, modulul scării intensităților luminoase. Pornind deci de la curba fotometrică se trasează punct cu punct curba polară a fluxului. Pentru un punct M al curbei fotometrice ($OM = aI_\alpha$) se proiectează punctul pe dreapta OP (deci $OM_1 = a\,I_\alpha \sin\alpha$), se prelungeşte dreapta M_1M_2 pînă la intersecţia cu cercul, segmentul OM_2 este ρ_α media proporţională căutată, care se aşază pe direcţia α, obţinîndu-se un punct N al curbei fluxului.

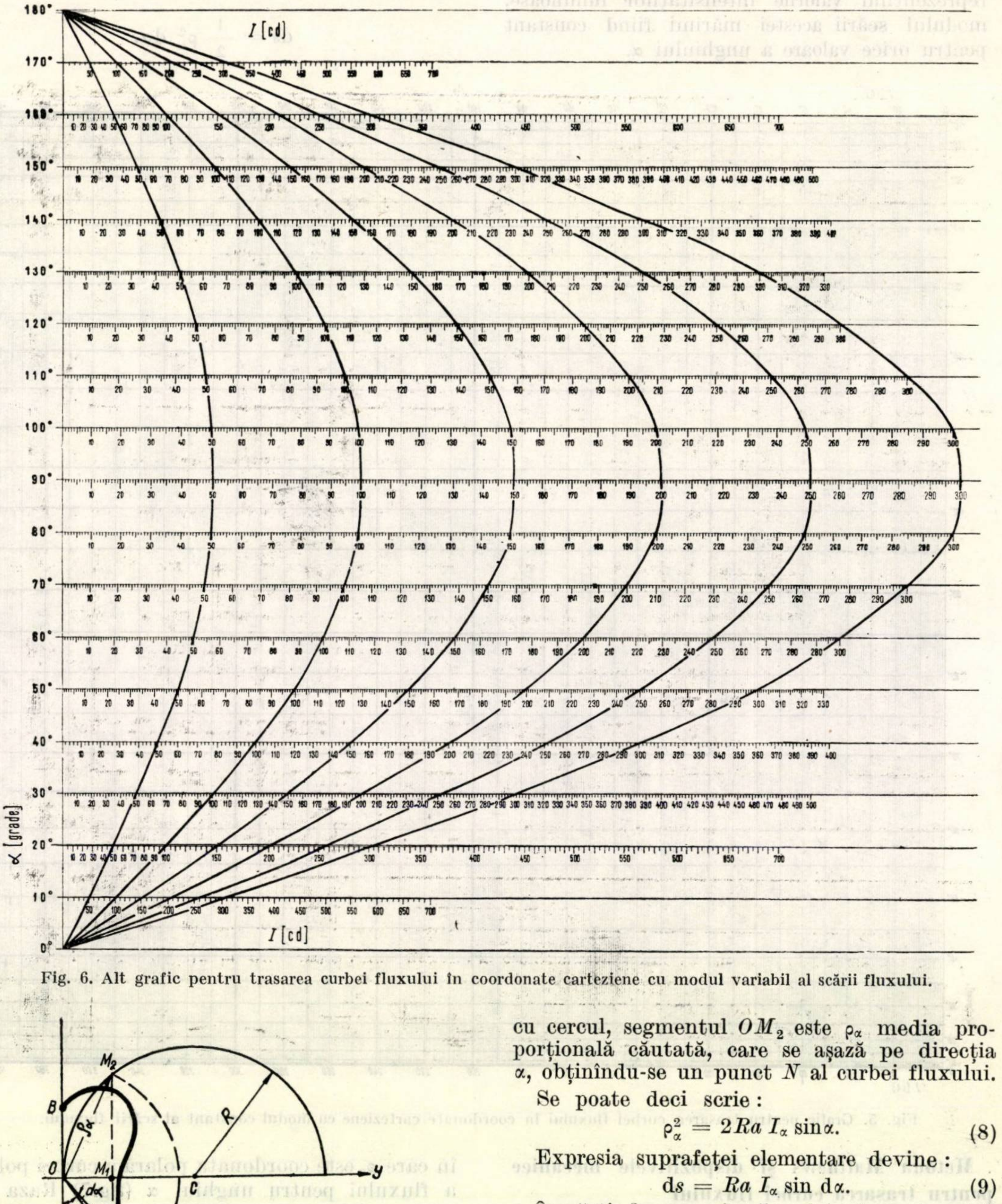


Fig. 6. Alt grafic pentru trasarea curbei fluxului în coordonate carteziene cu modul variabil al scării fluxului.

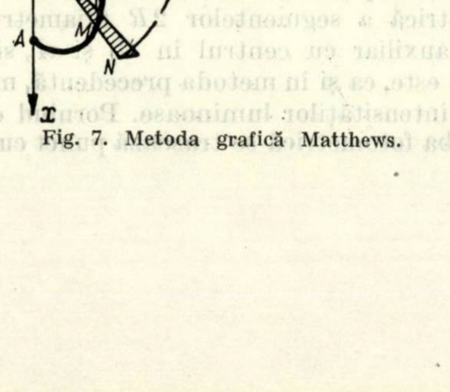


Fig. 7. Metoda grafică Matthews.

Se poate deci scrie:

$$\rho_\alpha^2 = 2Ra\,I_\alpha \sin\alpha. \tag{8}$$

Expresia suprafeţei elementare devine:

$$ds = Ra\,I_\alpha \sin d\alpha. \tag{9}$$

Împărţind expresia fluxului elementar (3′) prin expresia suprafeţei (9), se determină scara la care este reprezentat fluxul, aceeaşi ca şi în metoda precedentă:

$$1\ [\mathrm{cm}^2] = \frac{2\pi}{Ra}[\mathrm{lm}].$$

Extrăgînd rădăcina pătrată din ambele părți ale expresiei (8) și înlocuind $I_\alpha = f(\alpha)$, se obține ecuația în coordonate polare a curbei Matthews a fluxului luminos:

$$\rho_\alpha = \sqrt{2\,Ra\,f(\alpha)\sin\alpha}. \qquad (8')$$

Proiectînd segmentul ρ_α pe axele de coordonate, rezultă:

$$x = \rho_\alpha \cos\alpha\,; \quad y = \rho_\alpha \sin\alpha. \qquad (10)$$

Eliminînd pe α între ecuațiile (8′) și (10), se obține ecuația curbei Matthews în coordonate carteziene. Expresii explicite pentru această curbă nu se pot obține decît pentru corpuri de iluminat simple perfect difuzante. Să deducem, de exemplu, ecuația curbei pentru un disc circular, la care ecuația curbei fotometrice este $I_\alpha = I_m \cos\alpha$, iar formula (8′) se scrie:

$$\rho_\alpha = \sqrt{2\,Ra\,I_m \sin\alpha\cos\alpha}.$$

Înlocuind în această expresie mărimile trigonometrice:

$$\sin\alpha = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}\,; \quad \cos\alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

și valoarea razei:

$$\rho_\alpha = \sqrt{x^2+y^2},$$

rezultă:

$$\sqrt{x^2+y^2} = \sqrt{\frac{2Ra\,I_m\,xy}{x^2+y^2}},$$

care se mai poate scrie:

$$(x^2+y^2)^2 = 2Kxy, \qquad (11)$$

cu notația $K = RaI_m$. Ecuația (11) reprezintă curba denumită lemniscata lui Bernoulli (fig. 8,b).

Procedînd în mod asemănător pentru toate corpurile de iluminat simple din tabela 1, se obțin ecuațiile în coordonate polare și în coordonate carteziene, înscrise în tabela 3, ale curbelor Matthews, care sînt reprezentate în figura 8.

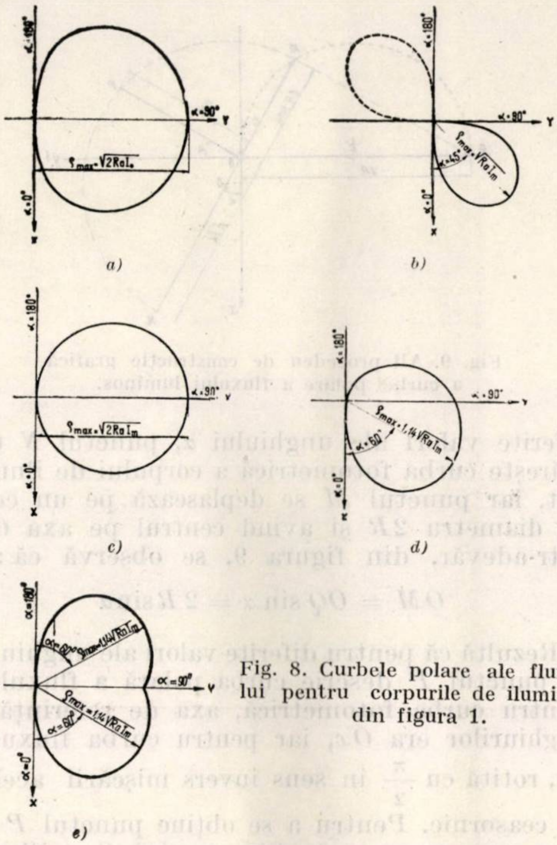

α=180°
α=90°
Y
X
α=0°
$\rho_{max}=\sqrt{2RaI_0}$
$\rho_{max}=\sqrt{RaI_m}$
α=45°
$\rho_{max}=\sqrt{2RaI_m}$
$\rho_{max}=1{,}14\sqrt{RaI_m}$
α=60°
a) b) c) d) e)

Fig. 8. Curbele polare ale fluxului pentru corpurile de iluminat din figura 1.

În metoda Matthews, pentru determinarea mediei geometrice ρ_α se folosește teorema catetei într-un triunghi dreptunghic. Se poate utiliza

Tabela 3

Determinarea fluxului luminos al corpurilor de iluminat din tabela 1 cu ajutorul metodei grafice Matthews

Corpul de iluminat	Curba Matthews a fluxului luminos	Ecuația curbei Matthews în coordonate polare	Ecuația curbei Matthews în coordonate carteziene	Observații
Sferă	Fig. 8a	$\rho_\alpha = \sqrt{2\,K_0 \sin\alpha}$	$x^2 + y^2)^{3/2} = 2K_0\,y$	$K_0 = Ra\,I_0$
Disc circular	Fig. 8b	$\rho_\alpha = \sqrt{K \sin 2\alpha}$	$(x^2+y^2)^2 = 2K\,x\,y$	$K = Ra\,I_m$ Curba este lemniscata lui Bernoulli
Element de tub cilindric cu bazele opace	Fig. 8c	$\rho_\alpha = \sqrt{2K}\sin\alpha$	$x^2+y^2 = \sqrt{2K}\;y$	$K = Ra\,I_m$ Curba este un cerc cu centrul în C $\left[x_c = 0,\ y_c = \sqrt{\frac{K}{2}}\right]$
Emisferă cu baza opacă	Fig. 8d	$\rho_\alpha = \sqrt{K\sin\alpha\,(1+\cos\alpha)}$	$(x^2+y^2)^2 = Ky(x+\sqrt{x^2+y^2})$	$K = Ra\,I_m$
Emisferă cu baza luminoasă	Fig. 8e	$\rho_\alpha = \sqrt{K\sin\alpha\,(1\pm\cos\alpha)}$ *	$(x^2+y^2)^2 = Ky(\pm x+\sqrt{x^2+y^2})$	* $K = Ra\,I_m$ Pentru $x > 0(\alpha = 0° \div 90°)$ se ia semnul +, pentru $x < 0\,(\alpha = 90° \div 180°)$ se ia semnul −

în acest scop, de asemenea, teorema înălțimii într-un triunghi dreptunghic (fig.9), considerînd pe ipotenuză segmentele separate de înălțime egale cu $2R$, respectiv cu aI_α (fig.9). Pentru

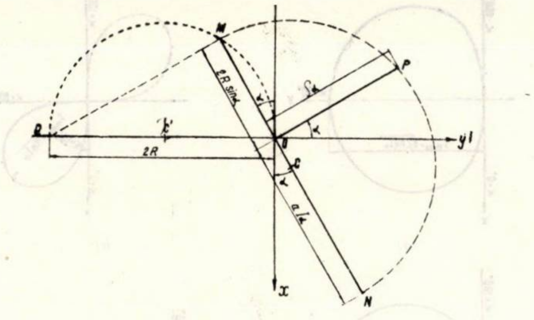


Fig. 9. Alt procedeu de construcție grafică a curbei polare a fluxului luminos.

diferite valori ale unghiului α, punctul N urmărește curba fotometrică a corpului de iluminat, iar punctul M se deplasează pe un cerc de diametru $2R$ și avînd centrul pe axa Oy. Într-adevăr, din figura 9, se observă că:

$$OM = OQ \sin\alpha = 2\,R \sin\alpha$$

Rezultă că pentru diferite valori ale unghiului α, punctul P descrie curba polară a fluxului. Pentru curba fotometrică, axa de referință a unghiurilor era Ox, iar pentru curba fluxului Oy, rotită cu $\frac{\pi}{2}$ în sens invers mișcării acelor de ceasornic. Pentru a se obține punctul P se duce un cerc cu centrul în punctul C, mijlocul segmentului MN, și avînd acest segment ca diametru.

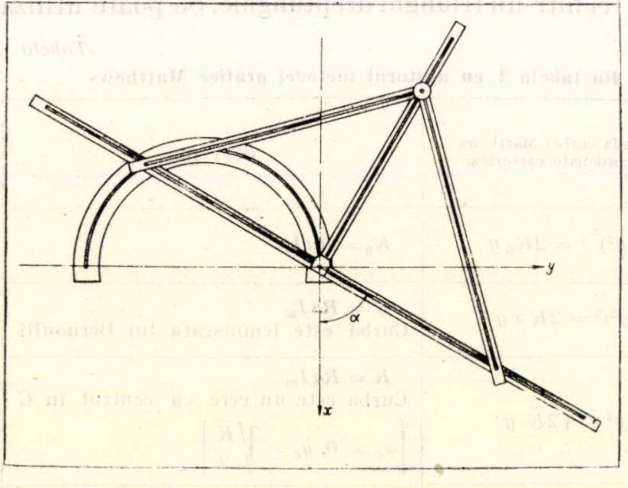


Fig. 10. Schița dispozitivului mecanic pentru trasarea curbei polare a fluxului pornind de la curba fotometrică

Această construcție grafică poate fi transpusă într-un dispoziziv mecanic, cu ajutorul căruia, urmărindu-se cu un ac curba fotometrică, un vîrf de creion trasează direct curba polară a fluxului, rotită însă cu $\frac{\pi}{2}$ față de această curbă (fig.10). Dispozitivul se compune din trei piese

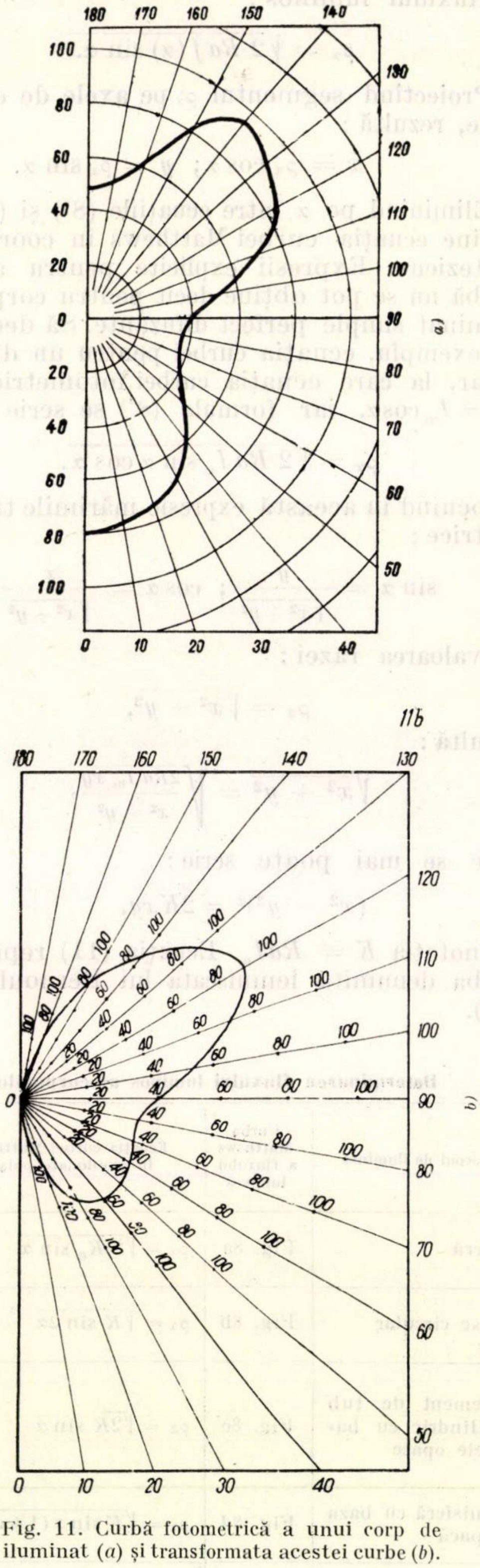


Fig. 11. Curbă fotometrică a unui corp de iluminat (*a*) și transformata acestei curbe (*b*).

cu șanțuri în care culisează mici pinioane. O piesă cuprinde un șanț circular (cercul OMQ din fig. 9), a doua piesă constă din două bare în forma literei T, care se rotește în jurul punctului O, iar a treia este alcătuită din două bare în unghi drept. Pinioanele dispozitivului se pot deplasa în lungul șanțurilor celor trei piese. Pinionul N are un ac cu care se urmărește curba fotometrică, iar pinionul P un vîrf de creion care descrie curba fluxului.

O variantă a construcției grafice din figura 10 se poate realiza considerînd că media geometrică ρ_α se determină între segmentul $OM' = 2R$ și segmentul $ON' = (a \sin \alpha) I_\alpha$. În acest caz însă trebuie trasată mai întîi curba fotometrică la scări de modul variabil cu unghiul α. În figura 11, *a* se arată ca exemplu curba fotometrică obișnuită a unui corp de iluminat, iar în figura 11, *b* — curba transformată, trasată cu modul variabil. Punctul P' de pe curba fluxului se determină în acest caz construind un cerc avînd pe $M'N'$ ca diametru și pe OP' ca înălțime. Pornind de la această nouă construcție grafică, se poate executa un alt dispozitiv mecanic, care nu mai are nevoie de piesa cu șanț circular (cercul OMQ), ceea ce simplifică executarea dispozitivului, însă necesită trasarea unei curbe fotometrice transformată (fig. 12).

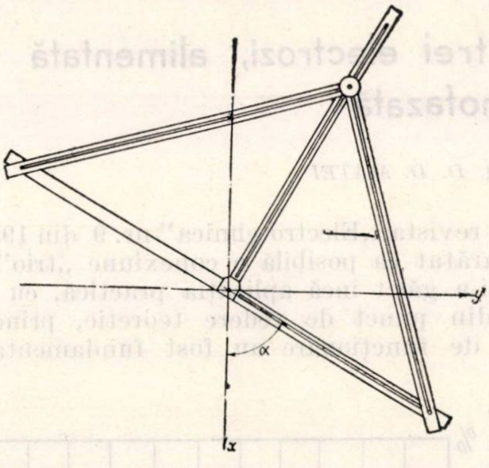


Fig. 12. Schița dispozitivului mecanic pentru trasarea curbei polare a fluxului pornind de la curba fotometrică transformată.

Pentru ușurarea acestei trasări se poate desena un grafic cu scările gradate dinainte pentru diferite unghiuri (de exemplu din 5 în 5 grade).

Modele ale acestor dispozitive mecanice sînt în curs de realizare ; utilizarea lor va arăta mai concret avantajele lor.

3. Determinarea curbelor fluxului luminos la corpuri de iluminat nesimetrice

Metodele grafice Rousseau și Matthews sînt utilizate, în general, pentru trasarea curbelor fluxului luminos ale corpurilor de iluminat simetrice. Deci graficele și dispozitivele mecanice prezentate în cadrul acestui articol se aplică, de asemenea, pentru corpuri de iluminat simetrice.

Se va arăta totuși că metodele amintite, graficele și dispozitivele imaginate de autor pot fi utilizate cu succes și în cazul corpurilor de iluminat nesimetrice. Pentru aceasta se împarte unghiul solid total al corpului de iluminat (sfera de rază unitate) în mai multe părți, reprezentate pe sfera unitară prin fîșii sferice separate prin meridiane. Pentru o fîșie oarecare de ordinul k, unui meridian îi corespunde unghiul de azimut β_{k-1} și celuilalt unghiul β_k, deci unghiul corespunzător fîșiei este :

$$\Delta\beta_k = \beta_k - \beta_{k-1}.$$

Unghiul $\Delta\beta_k$ se alege suficient de mic, încît în direcțiile corespunzătoare acestei fîșii să se poată considera curba fotometrică depinzînd numai de α. Cu alte cuvinte, în acest unghi solid pentru un anumit unghi α se consideră o valoare constantă $I_{\alpha k}$ a intensității luminoase în intervalul $\beta_{k-1} \div \beta_k$ de variație a unghiului β, luînd o valoare medie a acestei intensități. Cu cît se ia un număr mai mare de fîșii, deci unghiuri $\Delta\beta$ mai mici, cu atît se determină mai exact fluxul. Fluxul total emis de corpul de iluminat este în acest caz :

$$\Phi = \sum_{k=1}^{n} \Delta\beta_k \int_0^\pi I_{\alpha k} \sin\alpha \, d\alpha, \qquad (12)$$

bineînțeles respectîndu-se condiția ca :

$$\sum \Delta\beta_k = 2\pi.$$

Cu aceste n curbe fotometrice se trasează, printr-unul dintre procedeele indicate mai sus, curbele fluxului luminos. Fie $s_1, s_2, \ldots s_k, \ldots, s_n$ suprafețele închise de aceste curbe. Fluxurile luminoase corespunzătoare și fluxul luminos total sînt :

$$\Phi = \sum_{k=1}^{n} \frac{\Delta\beta_k}{Ra} s_k = \frac{1}{Ra} \sum_{k=1}^{n} \Delta\beta_k \cdot s_k . \qquad (13)$$

În cazul cînd fîșiile se aleg de suprafață egală, unghiuri $\Delta\beta = \frac{2\pi}{n}$ constante, formulele (12) și (13) devin :

$$\Phi = \frac{2\pi}{n} \sum_{k=1}^{n} \int_0^\pi I_{\alpha k} \sin\alpha \, d\alpha , \qquad (12')$$

$$\Phi = \frac{2\pi}{n\,Ra} \sum_{k=1}^{n} s_k , \qquad (13')$$

deci este suficient să se adune toate suprafețele închise de curbele fluxului și să se înmulțească cu coeficientul de transformare $\frac{2\pi}{n\,Ra}$. În expresiile (12), (13), (12′) și (13′), mărimile R și a au aceleași semnificații ca în restul articolului.

Concluzii

Calculul fluxului luminos al corpurilor de iluminat se efectuează prin integrare pornind de la curba fotometrică a acestor corpuri. Integrarea directă nu este posibilă decît pentru cîteva corpuri simple cu suprafețe perfect difuzante, iar pentru restul corpurilor se recurge la metode grafice, printre care cele mai cunoscute sînt metodele Rousseau și Matthews. Pornind de la metoda Rousseau, se pot realiza grafice care nu mai necesită construcții grafice prin puncte, ceea ce ușurează trasarea curbelor fluxului luminos și calculul acestor fluxuri prin planimetrarea unor suprafețe. Pe baza metodei Matthews se pot executa dispozitive mecanice cu ajutorul cărora, urmărindu-se curba fotometrică a unui corp de iluminat, să se traseze direct curba fluxului. Aceste grafice și dispozitive permit reducerea volumului calculelor ce se efectuează în serviciile de studii ale fabricilor de specialitate pentru determinarea fluxurilor luminoase ale corpurilor de iluminat produse. Graficele și dispozitivele pot fi utilizate, de asemenea, în serviciile de proiectare a instalațiilor electrice de iluminat, cînd trebuie să se determine fluxurile luminoase emise de corpurile de iluminat în anumite părți din spațiu. Metodele grafice Rousseau și Matthews, graficele și dispozitivele mecanice prezentate pot fi utilizate și pentru determinarea fluxului luminos al corpurilor de iluminat nesimetrice.

Bibliografie

[1] Gheorghiu, N. și Militaru, P. *Iluminatul electric.* Editura energetică de stat, București.

[2] Sapojnikov, R. A. *Teoreticeskaia fotometriia.* Gosenergoizdat, 1960.

[3] Matthews, E. L. I. *Un nouveau diagramme polaire du flux lumineux.* RGE, **24**, 265 p.

[4] Basmanov, V. V. *Vicislitelnie matematiceskie pribori.* Mașghiz, Moskva, 1958.

Lampa cu descărcări în gaze, cu trei electrozi, alimentată dintr-o rețea monofazată

Dr. ing. *EMIL IONESCU* și ing. *D. D. MATEI*

Autorii își propun să realizeze o lampă cu descărcări în gaze, cu trei electrozi, alimentată dintr-o rețea monofazată de 50 Hz, în scopul concentrării fluxului de lumină în unități mai mari, cu variații de flux minime și cu factorul de putere apropiat de unitate.

Conform calculelor prezentate, această lampă are o funcționare stabilă, fluctuațiile fluxului luminos fiind reduse la circa ± 5% din valoarea medie a acestui flux.

Lampa descrisă are caracteristici tehnice și economice mai bune decît ansamblul a trei lămpi cu descărcări în gaze cu cîte doi electrozi, conectate la o rețea trifazată de 50 Hz.

1. Generalități

Lămpile cu descărcări în gaze, și în particular lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune cu spectru corectat, au căpătat în ultimul timp o largă utilizare, atît la iluminatul public cît și la iluminatul halelor industriale înalte, cu temperaturi de lucru ridicate (turnătorii, oțelării, furnale etc.).

Atenuarea efectului de pîlpîire a luminii la aceste lămpi se realizează, în mod curent, fie prin conectarea lor alternată la o rețea trifazată, fie prin utilizarea montajului „duo" cu alimentare de la rețele monofazate.

În revista „Electrotehnica" nr. 9 din 1958 [1] s-a arătat ca posibilă o conexiune „trio" care nu și-a găsit încă aplicația practică, cu toate că, din punct de vedere teoretic, principiile sale de funcționare au fost fundamentate.

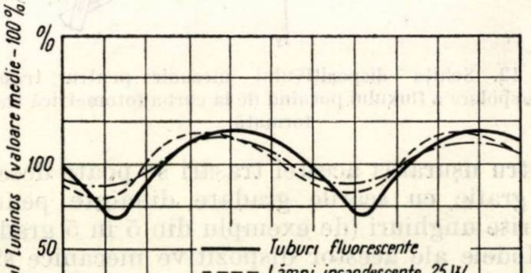


Fig. 1. Fluxul luminos al lămpilor cu incandescență și cu fluorescență pe durata unei perioade.

Comparația între valorile relative ale fluxului luminos, produs de lămpile cu incandescență și de lămpile cu descărcări în gaze, este arătată în figura 1 ; în figura 2 sînt indicate valorile relative ale fluxului luminos rezultat în cazurile diferitelor montaje ale lămpilor fluorescente, de unde rezultă avantajele conexiunii trifazate și ale montajului ,,trio'' la lămpile din această categorie [2].

Avantajul montajului ,,trio'' constă în aceea că, în intervalul unei perioade, fluxul luminos emis de ansamblul celor trei lămpi trece de 6 ori prin valoarea sa maximă, față de 2 ori, în cazul unei lămpi luată izolat. La 50 Hz, variația fluxului luminos emis în sistemul ,,trio'' este:

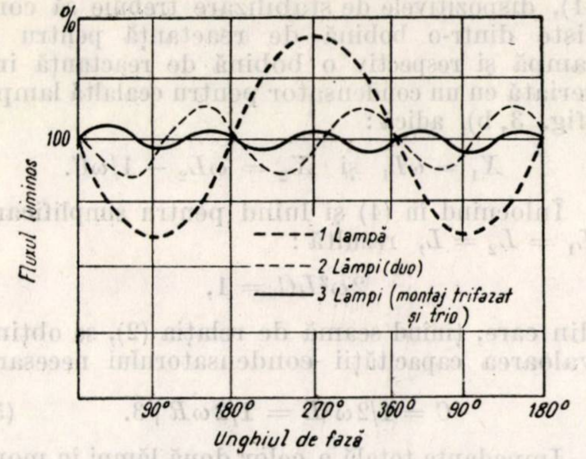


Fig. 2. Fluxul luminos la diferite montaje ale lămpilor fluorescente.

$$\frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{\Phi_{med}} \simeq \pm 5\%.$$

Montajul ,,trio'' realizat cu trei lămpi identice cu cîte doi electrozi cu descărcări în gaze, conectate la rețele monofazate, în realitate este o conexiune ,,duo'' cu două lămpi montate în paralel, alimentate inductiv, respectiv capacitiv, deci cu tensiunile defazate simetric față de tensiunea de alimentare — a treia lampă fiind conectată în serie cu primele două.

Pe baza acestui montaj s-a ajuns la ideea realizării unei lămpi cu descărcări, avînd trei electrozi, echivalentă cu trei lămpi obișnuite cu descărcări în gaze, menținîndu-se aceleași condiții de stabilitate și același factor de putere ca la montajul ,,trio''.

2. Principii de funcționare

2.1. *Montajul ,,trio'' compus din trei lămpi cu descărcări în gaze*

2.1.1. La montarea unei singure lămpi cu descărcări în gaze, pentru motive de aprindere, de stabilitate și de uniformitate a fluxului luminos, bobina sa de reactanță [3] se dimensionează, pe cît posibil, astfel încît tensiunea internă U_1 a lămpii să fie jumătate din tensiunea U a rețelei de alimentare, adică:

$$2U_1 \simeq U. \qquad (1)$$

Pentru simplificarea calculelor și fixarea ideilor, se poate neglija atît reactanța internă a lămpii cît și rezistența ohmică a bobinei, inclusiv pierderile în fier [4], precum și existența armonicelor superioare, admițîndu-se astfel că tensiunea internă și curentul prin lampă sînt sinusoidale și în fază.

Din tabela 1 se poate constata că, într-adevăr, rezistența internă a lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune, de tip HPL (Philips), reprezintă circa 90% din impedanța acestor lămpi.

Parametrii din coloanele 2, 3 și 4 corespund cu aceia indicați în prospectul Philips 10 060 BE 5/58.

Ceilalți parametri au fost calculați pe baza următoarelor relații:

$$Z = \frac{U_1}{I_1}\,; \quad R = \frac{P}{I_1^2}\,, \quad \cos\varphi = \frac{P}{U_1 \cdot I_1}\,,$$

$$\omega L_1 = \sqrt{Z^2 - R^2}.$$

În aceste condiții se poate scrie cu suficientă aproximație (fig. 3, *a*):

$$U_1 = R.I \quad \text{și} \quad U = I\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2},$$

Tabela 1

Parametrii electrici ai lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune, de tip HPL (Philips)

Nr. crt.	Puterea P, W	Curentul în lampă I_1, A	Tensiunea internă U_1, V	Impedanța internă, Z, Ω	Rezistența internă, R, Ω	Factorul de putere al lămpii, cos φ	$\frac{R}{Z}$ %	Reactanța internă lampă, ωL_1	Observații
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50	0,6	95	158,5	139	0,87	87	76	
2	80	0,8	115	144	125	0,87	87	71,5	
3	125	1,15	125	109	95	0,87	87	53,5	
4	250	2,0	135	67,5	62,5	0,92	92	26,6	În curs de asimilare la fabrica ,,Electrofar'' — București
5	400	3,2	140	43,5	39,1	0,90	90	19,2	
6	1 000	7,5	145	19,4	17,8	0,92	92	7,7	

în care R, L reprezintă rezistența internă a lămpii, respectiv inductanța bobinei de stabilizare, iar I este curentul în lampă absorbit de rețea.

Înlocuind valorile lui U_1 și U în (1), se obține:

$$R^2 + \omega^2 L^2 \simeq 4R^2,$$

de unde se găsește relația de dimensionare a bobinei de reactanță:

$$\omega L \simeq R\sqrt{3}. \qquad (2)$$

Factorul de putere al ansamblului lampă — bobină, în cazul îndeplinirii condiției (1), este:

$$\cos\varphi \simeq \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = 0{,}5,$$

astfel încît unghiul de defazaj al curentului din lampă, față de tensiunea de alimentare, trebuie să fie de aproximativ $\frac{\pi}{3}$.

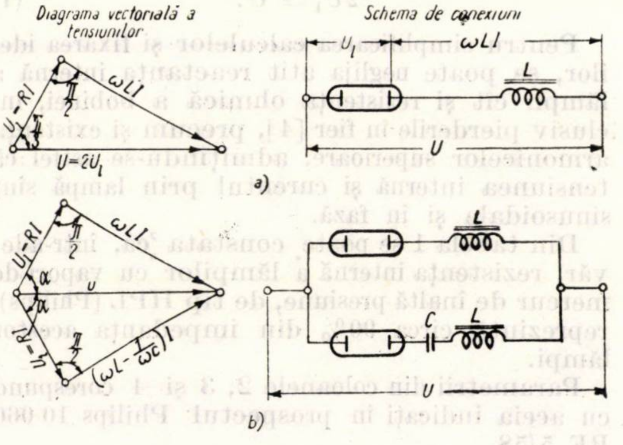


Fig. 3. Montarea unei lămpi cu descărcări (*a*) și montajul „duo” (*b*).

2.1.2. Montajul „duo” [5], care asigură un factor de putere apropiat de 1 și care este utilizat în mod normal la conectarea lămpilor fluorescente [5], a fost propus de către J. P. Vaucher [7] pentru aplicare și în cazul lămpilor cu descărcări în gaze cu vapori de mercur de înaltă presiune. El constă, în esență, din două lămpi cu descărcări în gaze identice, montate în paralel pe un circuit monofazat, avînd o ramură reactivă și una capacitivă.

Pentru ca factorul de putere în cazul montajului „duo” să fie cît mai apropiat de 1, trebuie ca suma curenților din cele două lămpi să fie în fază cu tensiunea de alimentare, ceea ce se realizează dacă vectorii curenți din cele două lămpi sînt conjugați:

$$I_1 = a + jb \quad \text{și} \quad I_2 = a - jb.$$

Această condiție se poate realiza cînd impedanțele celor două ansambluri de lampă — dispozitiv de stabilizare:

$$Z_1 = R_1 + jx_1 \quad \text{și} \quad Z_2 = R_2 + jx_2$$

vor fi conjugate, adică dacă:

$$R_1 = R_2 = R \qquad (3)$$

$$X_1 = -X_2 = X \qquad (4)$$

Deci, pentru obținerea unui montaj „duo” trebuie ca cele două lămpi să fie identice, iar reactanțele opuse. Pentru satisfacerea relației (4), dispozitivele de stabilizare trebuie să consiste dintr-o bobină de reactanță pentru o lampă și respectiv o bobină de reactanță inseriată cu un condensator pentru cealaltă lampă (fig. 3, b), adică:

$$X_1 = \omega L_1 \quad \text{și} \quad X_2 = \omega L_2 - 1/\omega C.$$

Înlocuind în (4) și luînd pentru simplificare $L_1 = L_2 = L$, rezultă:

$$2\omega^2 LC = 1,$$

din care, ținînd seamă de relația (2), se obține valoarea capacității condensatorului necesar:

$$C = 1/2\omega^2 L = 1/2\omega R\sqrt{3}. \qquad (5)$$

Impedanța totală a celor două lămpi în montaj „duo” este:

$$Z_{12} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{R^2 + X^2}{2R}; \qquad (6)$$

sau, ținînd seamă de relația (2), impedanța totală a montajului „duo” capătă expresia:

$$Z_{12} = 2R. \qquad (6')$$

Curentul absorbit din rețea:

$$I = \frac{U}{2R},$$

iar puterea consumată în cazul montajului „duo”:

$$P_2 = UI = \frac{U^2}{2R} = 2 \cdot \frac{U_1^2}{R},$$

adică de două ori puterea unei lămpi.

În cazurile practice, însă, nu se poate realiza exact condiția (1) care corespunde cu realizarea relației:

$$L = R\sqrt{3} = R\operatorname{tg}\frac{\pi}{3},$$

adică cu existența unui defazaj de $\frac{\pi}{3}$ între tensiunea internă a lămpilor cu descărcări și tensiunea rețelei de alimentare.

Acest fapt se poate observa examinînd tabela 1, unde se constată că:

$$2U_1 \neq U = 220 \text{ V}.$$

Pentru generalizare, trebuie să admitem relația:

$$2U_1 = 2U\cos\alpha,$$

unde α este unghiul de defazare dintre tensiunea internă a lămpilor cu descărcări și tensiunea rețelei de alimentare, care este dat de relația:

$$\alpha = \arc\cos\frac{U_1}{U},$$

Impedanța totală a montajului „duo”, în cazul general, conform relației (6), devine:

$$Z_{12} = \frac{R^2 + X^2}{2R} = \frac{R^2 + \omega^2 L^2}{2R} = \frac{R^2(1 + \mathrm{tg}^2\alpha)}{2R} \qquad (7)$$

sau, în final:

$$Z_{12} = \frac{R}{2\cos^2\alpha}. \qquad (7')$$

Curentul absorbit de la rețea:

$$I = \frac{U}{Z_{12}} = \frac{2U\cos^2\alpha}{R}, \qquad (8)$$

iar puterea consumată:

$$P_2 = UI = \frac{2U^2\cos^2\alpha}{R} \qquad (9)$$

Exemplul 1. În ipoteza că se neglijează reactanța internă a lămpii și rezistența activă a bobinei de reactanță, să se determine curentul absorbit de la rețea de către un montaj „duo” compus din două lămpi HPL-80 W.

Din tabela 1 rezultă:

$$\cos\alpha = \frac{U_1}{U} = \frac{95}{220} = 0{,}43,$$

$$\alpha = \arc\cos\frac{U_1}{U} \simeq 64°,$$

iar curentul absorbit din rețea:

$$I = \frac{2\,U\cos^2\alpha}{R} = \frac{2 \times 220 \times 0{,}43^2}{158} = 0{,}51\ \text{A},$$

la un factor de putere egal aproape cu 1.

Bobina de reactanță (fig. 3, *b*) trebuie să aibă reactanța:

$$\omega L = R\,\mathrm{tg}\,\alpha = 158 \times 2{,}1 = 332\ \Omega$$

și inductanța:

$$L = \frac{332}{314} = 1{,}05\ \text{H}.$$

Capacitatea condensatorului:

$$C = \frac{1}{2\omega^2 L} = \frac{1}{2\omega R\,\mathrm{tg}\,\alpha} = \frac{1}{628 \cdot 332} = 4{,}8\ \text{F}.$$

Puterea absorbită în lămpi va fi:

$$P_2 = U \cdot I = 220 \cdot 0{,}51 = 112\ \text{W}.$$

2.1.3. În cazul cînd cele două lămpi cu descărcări, în montaj „duo”, sînt conectate convenabil în serie cu o a treia lampă cu descărcări în gaze, se obține montajul „trio” [6,8]

Condiția de realizare a montajului „trio” (fig. 4, *a*), a cărui schemă echivalentă este indicată în figura 5, *a*, este ca suma vectorială a curenților din cele două lămpi „duo” să fie egală cu curentul din a treia lampă:

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 = \bar{I}_3.$$

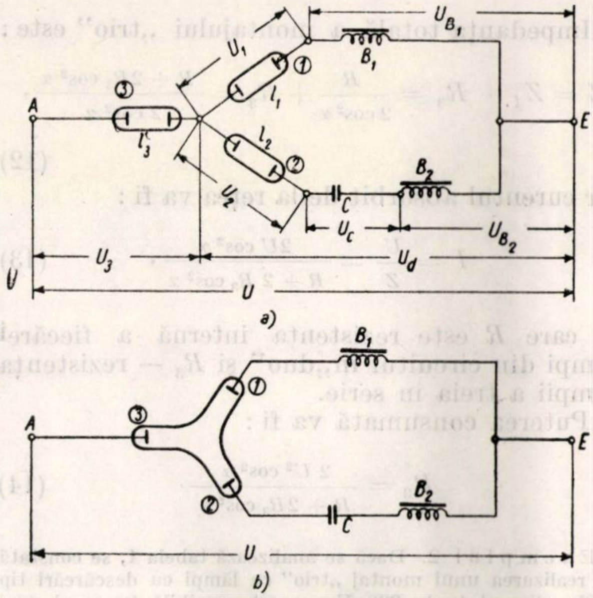


Fig. 4. Montajul „trio” realizat cu:
a – trei lămpi cu descărcări în gaze cu cîte doi electrozi;
b – o lampă cu descărcări în gaze cu trei electrozi.

Această condiție poate fi îndeplinită dacă curenții din cele trei lămpi sînt de forma:

$$\bar{I}_1 = a + \mathrm{j}b,\ \bar{I}_2 = a - \mathrm{j}b,\ \bar{I}_3 = 2a. \qquad (10)$$

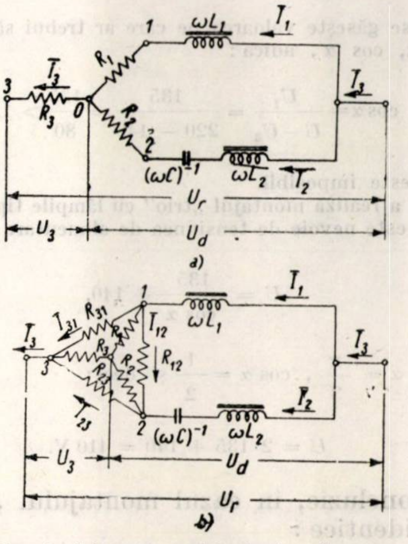


Fig. 5. Schemele echivalente ale montajelor lămpilor cu descărcări în stea și în triunghi:
a – conexiunea „trio” cu trei lămpi cu doi electrozi;
b – conexiunea „trio” cu o lampă cu trei electrozi.

Din figura 4,*a* se constată că tensiunea rețelei de alimentare U, fiind în fază cu tensiunea U_d aplicată sistemului „duo”, inclusiv dispozitivelor de stabilizare, trebuie să fie în fază şi cu tensiunea internă U_3 a lămpii inseriate, deci:

$$U = U_d + U_3 = \frac{U_1}{\cos\alpha} + U_3. \tag{11}$$

Impedanţa totală a montajului „trio" este:

$$Z = Z_d + R_3 = \frac{R}{2\cos^2\alpha} + R_3 = \frac{R + 2R_3\cos^2\alpha}{2\cos^2\alpha}, \tag{12}$$

iar curentul absorbit de la reţea va fi:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{2U\cos^2\alpha}{R + 2\,R_3\cos^2\alpha}, \tag{13}$$

în care R este rezistenţa internă a fiecărei lămpi din circuitul în „duo" şi R_3 — rezistenţa lămpii a treia în serie.

Puterea consumată va fi:

$$P_3 = \frac{2\,U^2\cos^2\alpha}{R + 2R_3\cos^2\alpha}. \tag{14}$$

Exemplul 2. Dacă se analizează tabela 1, se constată că realizarea unui montaj „trio" cu lămpi cu descărcări tip HPL, alimentate la 220 V, nu este posibilă în cazul unei asocieri de lămpi oarecare, cum ar fi, de pildă, două lămpi în derivaţie de cîte 250 W, înseriate cu o a treia lampă de 400 W.

Într-adevăr, deoarece $R = 67{,}5\Omega$; $R_3 = 43{,}5\Omega$; $U_1 = 135$ V şi $U_3 = 140$ V, pentru realizarea montajului „trio", conform relaţiei (11), trebuie ca:

$$U = \frac{U_1}{\cos\alpha} + U_3 = 220\ \text{V},$$

de unde se găseşte valoarea pe care ar trebui să o aibă, în acest caz, $\cos\alpha$, adică:

$$\cos\alpha = \frac{U_1}{U - U_3} = \frac{135}{220 - 140} = \frac{135}{80} > 1,$$

ceea ce este imposibil.

Pentru a realiza montajul „trio" cu lămpile tip HPL menţionate, este nevoie de tensiunea de alimentare:

$$U = \frac{135}{\cos\alpha} + 140.$$

Pentru $\alpha = \frac{\pi}{3}$, $\cos\alpha = \frac{1}{2}$ şi deci:

$$U = 2\cdot 135 + 140 = 410\ \text{V}.$$

În concluzie, în cazul montajului „trio" cu lămpi identice:

— tensiunea reţelei de alimentare trebuie să fie triplul tensiunii interne a unei lămpi;

— curenţii din cele două lămpi conectate în derivaţie vor fi egali şi defazaţi faţă de tensiunea de alimentare de unghiurile $\frac{\pi}{3}$, respectiv $-\frac{\pi}{3}$, iar curentul din lampa inseriată va avea aceeaşi mărime însă în fază cu tensiunea de alimentare;

— rezistenţa totală a montajului „trio" este egală cu triplul rezistenţei interne a unei lămpi.

Rezultă un inconvenient imediat al montajului „trio", şi anume că necesită anumite tensiuni de alimentare din reţea, în funcţie de parametrii electrici ai lămpilor considerate. Deci, pentru racordare la reţea, montajul „trio" necesită în general un autotransformator, care, fiind alimentat la tensiunea reţelei, să producă tensiunea necesară dată de relaţia (11).

Montajul „trio" cu trei lămpi mai are şi dezavantajul conexiunii-serie, la o defecţiune a lămpii în serie fiind scoase din funcţiune şi lămpile în derivaţie.

Pentru remedierea acestui inconvenient, inginerul francez J. Lecorguillier [6] a propus să se sudeze împreună trei tuburi fluorescente la una din extremităţile lor, pentru a se obţine montajul „trio". Această lampă a fost construită de către Societatea Citel din Franţa, însă utilizarea lămpii respective nu s-a extins, din cauza lungimii mari a tuburilor şi a problemelor constructive dificile.

Desigur că montajul „trio" poate fi realizat şi cu trei lămpi cu descărcări în gaze cu vapori de mercur de înaltă presiune, după cum s-a arătat în figura 4, *a*, schema electrică echivalentă fiind indicată în figura 5, *a*.

În figura 6, *a* este indicată diagrama vectorială a tensiunilor interne şi a curenţilor din trei lămpi cu descărcări în gaze obişnuite, cu doi electrozi, identice, în cazul montajului „trio".

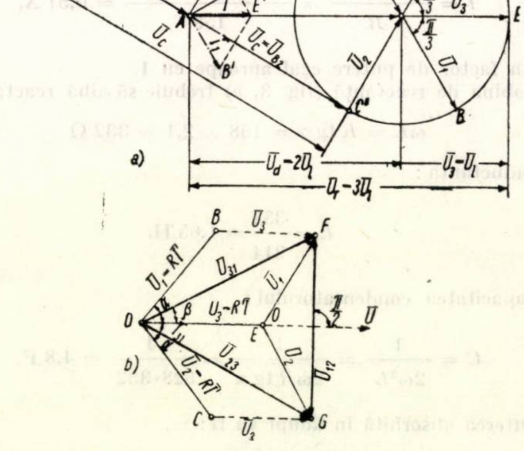

B"
C
C'
$\overline{U}_{B_2}$
$\overline{U}_{B_1}$
$\overline{U}_1$
$\overline{U}_2$
$\overline{I}_2$
$\overline{I}$
E'
A
$\frac{\pi}{3}$
$\overline{U}_3$
E
$\overline{U}_c$
$\overline{I}_1$
$\overline{U}_c = \overline{U}_{B_2}$
B'
$\overline{U}_2$
$\overline{U}_1$
C"
B
a)
$\overline{U}_d - 2\overline{U}_1$
$\overline{U}_3 - \overline{U}_1$
$\overline{U}_1 - 3\overline{U}_1$
B
$\overline{U}_3$
F
$\overline{U}_1 - R\overline{I}$
$\overline{U}_{31}$
$\overline{U}_1$
α
β
$U_3 - R\overline{I}$
0
$\frac{\pi}{2}$
$\overline{U}$
O
$\overline{I}_1$
E
α
$\overline{U}_{23}$
$\overline{U}_2$
$\overline{U}_{12}$
b)
$\overline{U}_2 - R\overline{I}$
C
G
$\overline{U}_2$

Fig. 6. Diagrame vectoriale ale montajelor lămpilor cu descărcări:

a — conexiunea „trio" cu trei lămpi identice cu cîte doi electrozi;
b — conexiunea „trio" la o lampă cu trei electrozi.

2.2 *Lampa cu trei electrozi în montaj echivalent montajului „trio”*

Prin adăugarea unui al treilea electrod la o lampă cu descărcări în gaze de formă convenabilă (fig. 4,*b*) se obține o lampă cu trei electrozi, cu care se poate realiza un montaj echivalent unui montaj „trio” compus din trei lămpi obișnuite.

Într-adevăr, rezistențele interne dintre cei trei electrozi *1*, *2* și *3*, luați cîte doi, și anume R_{12}, R_{23}, R_{31}, sînt similare cu rezistențele interne ale celor trei lămpi cu cîte doi electrozi, montate în triunghi (fig. 5,*b*).

Se menționează că montajul „trio” (fig. 4,*a* și 5,*a*) prezintă cele trei lămpi în conexiune stea. În aceste condiții este evident că considerațiile de la montajul „trio” în stea rămîn valabile și în cazul lămpii cu trei electrozi în montaj triunghi, prin transpunerea schemei în triunghi cu schema în stea echivalentă [9], conform relațiilor binecunoscute :

$$\begin{cases} R_1 = \dfrac{R_{31}\,R_{12}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \\ R_2 = \dfrac{R_{12}\,R_{23}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \\ R_3 = \dfrac{R_{23}\,R_{31}}{R_{12}+R_{23}+R_{31}} \end{cases} \tag{15}$$

$$\begin{cases} R_{31} = R_3 + R_1 + \dfrac{R_3\,R_1}{R_2} \\ R_{12} = R_1 + R_2 + \dfrac{R_1\,R_2}{R_3} \\ R_{23} = R_2 + R_3 + \dfrac{R_2\,R_3}{R_1} \end{cases} \tag{15$'$}$$

în care R_{12}, R_{23}, R_{31} sînt rezistențele interne ale lămpii cu trei electrozi, respectiv între electrozii 1–*2*, *2–3* și *3–1*, stabilite prin construcție în mod convenabil.

În cazul montajului „trio” ideal :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R,$$

astfel încît trebuie ca :

$$R_{12} = R_{23} = R_{31} = \rho.$$

Ținînd seamă de relațiile (14) rezultă : $R = \frac{1}{3}\,\rho$; curentul absorbit de la rețea va fi :

$$I = \frac{U}{3R} = \frac{U}{\rho} \tag{16}$$

Pentru realizarea montajului „trio” în cazul general și pentru menținerea relațiilor :

$$R_1 = R_2 = R \;\text{ și }\; R_3 = R'$$

trebuie să fie îndeplinite condițiile, conform relațiilor (15$'$) :

$$\begin{aligned} R_{31} &= R_{23} = \rho = R + 2R' \\ R_{12} &= \rho' = \frac{R\,(R + 2R')}{R'} \end{aligned} \tag{15$''$}$$

sau, înlocuind în (15$''$) :

$$\begin{cases} R = \dfrac{\rho\rho'}{2\rho+\rho'} \\ R' = \dfrac{\rho^2}{2\rho+\rho'} \end{cases} \tag{17}$$

Curentul absorbit de la rețea, conform relației (13), va avea expresia :

$$I = \frac{2U\cos^2\alpha}{R + 2R'\cos^2\alpha} = \frac{2U\,(2\rho + \rho')\cos^2\alpha}{\rho\,(\rho' + 2\rho\cos^2\alpha)}, \tag{16$'$}$$

iar puterea consumată va avea expresia :

$$P_3 = UI = \frac{2U^2\,(2\rho + \rho')\cos^2\alpha}{\rho\,(\rho' + 2\rho\cos^2\alpha)}. \tag{14$'$}$$

3. Determinarea regimului optim de funcționare a lămpii cu descărcări de înaltă presiune cu trei electrozi

3.1. *Determinarea puterii optime.* Se consideră o lampă cu trei electrozi în montajul indicat în figura 4,*b* : electrodul *1* este conectat la bobina de reactanță B_1, iar electrodul *2* – la ansamblul format din condensatorul *C* și bobina de reactanță B_2.

Din schema electrică (fig. 5,*b*) se observă că schema în stea echivalentă conexiunii triunghi de la lampa cu trei electrozi poate forma un montaj „trio” dacă sînt îndeplinite relațiile (10). Luînd ca bază faza curentului *I* absorbit de la rețea, presupus în fază cu tensiunea rețelei de alimentare, și observînd din figura 6, *a* că curenții $\overline{I}_1$ și $\overline{I}_2$ sînt egali și defazați de unghiul α, respectiv – α față de $\overline{I}$, se pot scrie tensiunile interne stelate :

$$\begin{cases} \overline{U}_1 = R_1\,\overline{I}_1 = R\,I'\,\mathrm{e}^{j\alpha} = RI'(\cos\alpha + \\ \qquad + j\sin\alpha) = RI\left(\dfrac{1}{2} + \mathrm{j}\dfrac{1}{2}\ \mathrm{tg}\ \alpha\right) \\ \overline{U}_2 = R_2\,\overline{I}_2 = RI'\,\mathrm{e}^{-j\alpha} = RI'\,(\cos\alpha - \\ \qquad - \mathrm{j}\,\sin\alpha) = RI\left(\dfrac{1}{2} - \mathrm{j}\dfrac{1}{2}\ \mathrm{tg}\ \alpha\right) \\ \qquad \overline{U}_3 = R_3\,\overline{I}_3 = R'I, \end{cases} \tag{18}$$

unde s-a înlocuit $I' = \dfrac{I}{2\cos\alpha}$.

Tensiunile dintre electrozi sînt :

$$\begin{cases} \overline{U}_{31} = \overline{U}_3 + \overline{U}_1 = \\ \quad = \left[R\left(\dfrac{1}{2} + \mathrm{j}\dfrac{1}{2}\,\mathrm{tg}\,\alpha\right) + R'\right] I \\ \overline{U}_{23} = \overline{U}_2 + \overline{U}_3 = \\ \quad = \left[R\left(\dfrac{1}{2} - j\dfrac{1}{2}\,\mathrm{tg}\ \alpha\right) + R'\right] I \\ \overline{U}_{12} = \overline{U}_1 - \overline{U}_2 = \mathrm{j}2RI\sin\alpha \end{cases} \tag{19}$$

Evident că prezența parametrului $\cos\alpha$ în expresia puterii, dată de relația (14′), permite să se determine condiția cînd puterea absorbită de lampă de la rețea va fi maximă. Într-adevăr, se constată că pentru $\cos\alpha = 0$, adică $\alpha = \frac{\pi}{2}$, puterea este nulă, iar pentru $\cos\alpha = 1$, adică $\alpha = 0$, puterea este maximă :

$$P_0 = \frac{2\,U^2}{\rho} \cdot \frac{2\rho + \rho'}{\rho' + 2\rho}.$$

Acest caz însă nu poate fi luat în considerație deoarece ar necesita o bobină de reactanță avînd valoarea :

$$L = R\ \mathrm{tg}\,\alpha = 0,$$

ceea ce nu este posibil de realizat, deoarece fără bobina de reactanță descărcarea în lampă nu este stabilă.

Pentru funcționarea optimă a lămpii cu trei electrozi, conform relației (1), condiția ideală ar fi :

$$\cos\alpha = \frac{1}{2},\ \text{adică}\ \alpha = \frac{\pi}{3},$$

cînd puterea are valoarea :

$$P_{\frac{\pi}{3}} = \frac{U^2}{2\rho + \rho'}.$$

Dacă $\alpha = \frac{\pi}{4} : P_{\frac{\pi}{4}} = \frac{U^2}{\rho} \cdot \frac{2\rho + \rho'}{\rho + \rho'}$,

iar la $\alpha = \frac{\pi}{6} : P_{\frac{\pi}{6}} = \frac{U^2}{\rho} \cdot \frac{3(2\rho + \rho')}{3\rho + 2\,\rho'}$.

Din comparația acestor valori se constată că pentru cazul particular $\rho' = \rho$, puterile absorbite sînt :

$$P_{\frac{\pi}{3}} = \frac{1}{3}\,\frac{U^2}{\rho},\ P_{\frac{\pi}{4}} = \frac{3}{2}\,\frac{U^2}{\rho},\ P_{\frac{\pi}{6}} = \frac{9}{5}\,\frac{U^2}{\rho},$$

adică :

$$P_{\frac{\pi}{3}} < P_{\frac{\pi}{4}} < P_{\frac{\pi}{6}}.$$

Cu alte cuvinte, deși condiția de stabilitate optimă se realizează pentru $\alpha = \frac{\pi}{3}$, totuși puterea absorbită în acest caz este de 4,5 ori mai redusă decît în cazul $\alpha = \frac{\pi}{4}$.

Pentru a găsi soluția optimă de funcționare a lămpii cu trei electrozi va trebui să stabilim pentru cazurile amintite și prezența armonicelor superioare în rețea, datorită acestei lămpi.

3.2. *Armonice superioare de curent.* Lampa cu descărcări în gaze cu trei electrozi, ca oricare altă lampă cu descărcări, se comportă ca o sursă cu o contratensiune constantă. Tensiunea în timpul descărcării variază ușor, scăzînd în timpul unei semiperioade, din momentul aprinderii pînă în momentul stingerii descărcării. Din acest moment, pînă în momentul reaprinderii din semiperioada următoare nu mai circulă prin lampă nici un curent electric. Aceste întreruperi periodice ale intensității curentului prin lampă reprezintă o abatere serioasă de la forma sinusoidală a tensiunii de alimentare, fiind o sursă de armonice superioare, întocmai ca la redresorul cu mercur.

Acad. prof. E. Bădărău, în lucrarea ,,Fizica descărcărilor'' [10], menționează cu deplină dreptate că există o perfectă analogie între fenomenele din redresorul cu vapori de mercur și din lămpile cu descărcări în gaze.

La lămpile cu descărcări în gaze obișnuite, armonicele superioare produse nu pot fi evitate, doar numai atenuate prin utilizarea de bobine de reactanță și condensatoare cît mai corespunzătoare.

În cazul lămpii cu trei electrozi este posibil să se predetermine parametrii săi constructivi, astfel încît armonicele superioare să fie reduse în mod simțitor prin eliminarea armonicelor de ordin multiplu de trei din rețeaua de alimentare.

În cazul cînd rezistențele interne ale lămpii cu trei electrozi $\rho' = \rho$, expresia generală a curenților fundamentali dintre electrozii lămpii (fig. 6, *b*)) se poate scrie astfel :

$$I_{31} = I\ \sin\ (\omega \cdot t + \beta);$$

$$I_{12} = I \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = I \cos \omega t;$$

$$I_{23} = I\ \sin\ (\omega t - \beta);$$

unde :

$\beta = \frac{1}{2}\,\alpha$ este unghiul de defazare a vectorilor I_{31} și I_{23} față de curentul absorbit din rețea.

Armonicele superioare de rangul n care apar între electrozii lămpii vor fi de aceeași formă cu fundamentalii respectivi :

$$I'_{31} = I_n \sin n\,(\omega t + \beta);$$

$$I'_{12} = I_n \cos n\ \omega t;$$

$$I'_{23} = I_n \sin n\,(\omega t - \beta).$$

Ținînd seamă de faptul că curentul din rețea este suma curenților fundamentali I_{31} și I_{23}, rezultă că și armonica superioară de curent produsă în rețea va fi suma armonicelor superioare I'_{31} și I'_{23} :

$$I'_{31} + I'_{23} = I_n\,[\sin n\,(\omega t + \beta) \sin n\,(\omega \mathrm{t} - \beta)] =$$

$$= 2I_n \sin n\ \omega t \cos n\beta.$$

Pentru ca acești curenți să se poată anula este necesară îndeplinirea condiției :

$$\cos n\beta = 0\ \text{sau}\ n\beta = \frac{\pi}{2}\cdot$$

În cazul armonicei de ordinul 3, avem:

$$n = 3 \quad \text{şi} \quad \beta = \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}\alpha,$$

de unde:

$$\alpha = 2\beta = \frac{\pi}{3}.$$

Aceeaşi condiţie este valabilă pentru toate armonicele multiplu de 3.

În concluzie, lampa cu trei electrozi, în cazul cînd $\alpha = \frac{\pi}{3}$, nu produce armonice superioare de ordinul 3 şi multiplu de 3 în reţeaua de alimentare.

În privinţa curentului I_{12} şi a armonicelor superioare respective, acestea circulă numai între electrozii *1* şi *2* ai lămpii, producînd energie luminoasă.

Ca atare, din punctul de vedere al exploatării reţelelor de distribuţie, lampa cu trei electrozi, cînd $\alpha = \frac{\pi}{3}$, corespunde în modul cel mai avantajos.

Exemplul 3. Să se determine caracteristicile interne ale unei lămpi cu trei electrozi, fiind cunoscută puterea absorbită $P = 500$ W şi tensiunea de alimentare 220V, neglijîndu-se reactanţa internă a lămpii, rezistenţa activă a bobinei şi pierderile în condensator. De asemenea se cere ca aprinderea şi stabilitatea lămpii să se facă în condiţii optime, iar conţinutul de armonice superioare produse de lampă să fie minim. Pentru realizarea acestor cerinţe, trebuie ca $\alpha = \frac{\pi}{3}$ şi $\rho' = \rho$. În aceste condiţii expresia puterii cerute, dată de relaţia (14'), capătă forma simplificată:

$$P = \frac{U^2}{\rho}$$

unde ρ este rezistenţa internă dintre electrozii lămpii, astfel încît:

$$\rho = \frac{U^2}{P}.$$

Curentul absorbit din reţea va fi:

$$I \simeq \frac{P}{U},$$

unde s-a considerat factorul de putere aproape egal cu 1.

Tensiunile stelate ale montajului „trio" echivalent, date de relaţiile (18), ţinînd seamă că $\cos\alpha = \frac{1}{2}$, $\operatorname{tg}\alpha = \sqrt{3}$ şi $\sin\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$, vor avea expresiile simplificate:

$$\overline{U}_1 = R\,\overline{I}_1 = RI\left(\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right);$$

$$\overline{U}_2 = R\,\overline{I}_2 = RI\left(\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right);$$

$$\overline{U}_3 = R\,\overline{I}_3 = R\,I,$$

unde R este rezistenţa fiecărei ramuri a montajului „trio" echivalent.

Rezultă tensiunile între electrozii lămpii, conform relaţiilor (19):

$$\overline{U}_{31} = \overline{U}_3 + \overline{U}_1 = R\,I\left(\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right); \quad U_{31} = R\,I\sqrt{3};$$

$$\overline{U}_{12} = \overline{U}_1 - \overline{U}_2 = j\,R\,I\sqrt{3}; \quad U_{12} = R\,I\sqrt{3};$$

$$\overline{U}_{32} = \overline{U}_2 + \overline{U}_3 = R\,I\left(\frac{3}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right); \quad U_{23} = R\,I\sqrt{3}.$$

Rezistenţa R echivalentă este dată de prima din relaţiile (17) şi, ţinîndu-se seamă că $\rho' = \rho$, rezultă:

$$R = \frac{\rho}{3}.$$

Înlocuind, se obţine:

$$U_{31} = U_{12} = U_{23} = \frac{P}{U\sqrt{3}} = \frac{U^2}{P} \cdot \frac{P}{U\sqrt{3}} = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}};$$

deci:

$$U_{31} = U_{12} = U_{23} = 127\ \text{V}.$$

Apoi, rezistenţa interioară între electrozi are valoarea:

$$\rho = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{500} = 97\ \Omega,$$

iar curenţii dintre electrozi:

$$I_{31} = I_{12} = I_{23} = \frac{U_{31}}{\rho} = \frac{U_{12}}{\rho} = \frac{U_{23}}{\rho} = \frac{127}{97} = 1{,}3\ \text{A}.$$

4. Perspective de realizare a lămpii cu trei electrozi

În figura 7 este indicată schematic construcţia unei lămpi cu trei electrozi cu vapori de mercur de înaltă presiune, fluorescentă, cu spectru ameliorat. Soclul şi becul fluorescent al acestei lămpi sînt identice cu ale lămpilor obişnuite de acest tip [11].

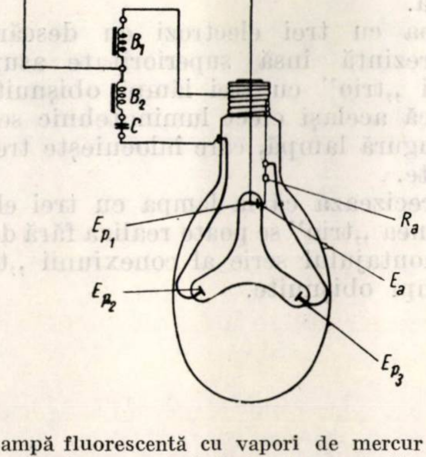


Fig. 7. Lampă fluorescentă cu vapori de mercur de înaltă presiune, cu trei electrozi principali:

B_1, B_2 — bobină de reactanţă jumelată; C — condensator electrostatic; E_{p_1}, E_{p_2}, E_{p_3} — electrozii principali ai lămpii; E_a — electrod auxiliar de aprindere; R_a — rezistenţă auxiliară pentru aprindere.

În scopul concentrării într-o lampă a unui flux luminos și mai mare [12], este posibil ca tensiunea de alimentare să fie de 380 V, adică lampa să fie conectată între două faze, tensiunea între electrozi fiind în acest caz de 220 V.

În ultimul timp a luat o deosebită dezvoltare utilizarea lămpilor de mare putere cu xenon pentru iluminarea spațiilor mari. Pentru diminuarea pîlpîirii, de obicei se montează cîte trei lămpi cu xenon cu trei bobine de reactanță, racordîndu-se între fazele diferite ale unui sistem trifazat de alimentare, iar pentru ameliorarea factorului de putere se utilizează cîte un condensator pentru fiecare lampă [13, 14].

Prin utilizarea unei lămpi cu xenon cu trei electrozi, analogă lămpii cu trei electrozi menționate, alimentată monofazat, se pot obține aceleași rezultate luminotehnice ca acelea din cazul a trei lămpi obișnuite cu xenon alimentate trifazat. În aceste condiții sînt necesare numai un singur condensator și o bobină de reactanță jumelată (cu priză mediană).

Concluzii

Lampa cu trei electrozi cu descărcări în gaze, față de sistemul ,,trio'' cu trei lămpi obișnuite, prezintă aceleași avantaje luminescente și electrice ca acestea din urmă, adică :

— factor de putere egal aproape cu 1 ;

— intensitatea luminoasă produsă de lampa cu trei electrozi, alimentată dintr-o rețea de 50 Hz, în intervalul unei perioade, trece de șase ori prin maxim ; ca atare, pîlpîirea este foarte mult atenuată. Astfel, variația relativă a fluxului luminos este de circa ± 5%, față de circa ± 25%, cît este în cazul unei lămpi cu doi electrozi, alimentată de la o rețea monofazată.

Lampa cu trei electrozi cu descărcări în gaze prezintă însă superioritate asupra conexiunii ,,trio'' cu trei lămpi obișnuite, prin faptul că același efect luminotehnic se obține cu o singură lampă, care înlocuiește trei lămpi obișnuite.

Se precizează că la lampa cu trei electrozi, conexiunea ,,trio'' se poate realiza fără dezavantajul montajului serie al conexiunii ,,trio'' cu trei lămpi obișnuite.

S-a arătat apoi că lampa cu trei electrozi, în conexiunea preconizată, nu introduce în rețeaua de alimentare armonicele superioare de curent de ordinul 3 și multiplu de 3.

În fine, prin construcție, lampa cu trei electrozi poate fi alimentată din rețelele de alimentare de 380/220 V, fie la 380 V, fie la 220 V, după caz, fiind utilizabilă în mod convenabil atît la iluminatul exterior, cît și la iluminatul halelor industriale înalte și foarte înalte.

Bibliografie

[1] **Ionescu**, E. și **Nahmias**, G. *Cu privire la îmbunătățirea iluminatului fluorescent.* În : Electrotehnica, **6**, nr. 9, 1958, p. 346–358.

[2] **Neumann**, E. *Die physikalischen Grundlagen der Leuchtstofflampen und Leuchtröhren* (*Bazele fizice ale lămpilor fluorescente și ale tuburilor luminescente*). Berlin, Verlag Technik, 1954, p. 121–122.

[3] **Gheorghiu**, N. și **Militaru**, P. *Iluminatul electric.* București, 1953, p. 100–109.

[4] **Sturm**, C. H. *Vorschaltgeräte und Schaltungen für Leuchtstofflampen* (*Aparate de preconectare și scheme pentru lămpi fluorescente*), ediția 3, Mannheim,1957, p. 82.

[5] **Băilescu**, A. și **Savopol**, D. *Iluminatul electric.* Îndreptar, Editura tehnică, București, 1962, p. 70.

[6] **Cusquel**, A. ș.a. *L'éclairage par fluorescence et électroluminescence* (*Iluminatul prin fluorescență și electroluminescență*). Editura Dunod, Paris, p. 16.

[7] **Vaucher**, J. P. *Marche en montage ,,duo'' des lampes à décharge* (*Funcționarea lămpilor cu descărcări în montaj ,,duo''*). În : Bull. Assoc. Suisse Electr. **48**, nr. 14, 1957, p. 648–649.

[8] **Carré**, P. *Alimentation par un réseau de distribution manophasé de trois lampes à fluorescence* (*Alimentarea a trei lămpi fluorescente de la o rețea de distribuție monofazată*). În : Revue générale d'Electricité, nr. 8, 1960, p. 434–436.

[9] **Crug**, C. A. *Bazele electrotehnicii.* Trad. l. rusă, vol. 2. București, Editura energetică de stat, 1953, p. 165.

[10] **Bădărău**, E. *Fizica descărcărilor în gaze.* București, Editura Academiei R.P.R., 1958, p. 256.

[11] **Matei**, D. D. și **Ionescu**, E. *Lampă cu descărcări în gaze, cu trei electrozi principali și cu alimentare monofazată. Certificat de autori O.S.I. nr. 45 692.* București, 1962.

[12] **Feldman**, L. I. *Osveșcenie besfonarnovo țeha lampami DRL* (*Iluminatul cu lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune în secțiile fără lumină naturală*). În : Svetotehnika, nr. 7, iulie 1960, p. 28–29.

[13] **Schmidt**, W. și **Lehman**, R. *Grossflächenleuchte mit Xenon-Hochleistungslampen* (*Un corp de iluminat de mare suprafață cu lămpi cu xenon de mare putere*). În : Lichttechnik, **10**, nr. 9, 1958, p. 459–461.

[14] *Noi realizări în iluminatul electric.* București, I.D.T., 1961.

Probleme actuale ale iluminatului exterior în țara noastră

Ing. *CRISTIAN VÎLCIU*

I. Considerații generale

Dezvoltarea socialistă a țării și cerințele crescînde ale populației, ca urmare a ridicării nivelului de trai, au făcut ca problemele de echipare tehnică a orașelor și satelor să apară pe primul plan al preocupărilor tehnice și edilitare. Posibilitățile actuale ale industriilor noastre de materiale și echipamente rutiere și electrice fac posibilă rezolvarea în bune condiții a tuturor problemelor de iluminat a spațiilor deschise. Noile construcții de locuințe și dotări social-culturale din orașe, cît și cartierele industriale din afara perimetrelor urbane urmează a obține o rezolvare de ansamblu a problemelor de iluminat rutier și a spațiilor deschise.

Problemele iluminatului exterior cuprind pe cele ale căilor de circulație, ale iluminatului terenurilor industriale, terenurilor de sport, triaje, piețe, parcuri, fațade etc., precum și ale iluminatului de semnalizare și publicitate.

Realizarea unui iluminat artificial în aer liber, similar celui de zi, nu este posibilă din motive de economie, dată fiind natura și importanța surselor de lumină din timpul zilei — soarele și norii. Economia în investiții, ca rezultat al aplicării tehnicii noi, și eșalonarea investițiilor în raport cu posibilitățile financiare ale așezărilor noastre urbane și rurale apar ca elemente precumpănitoare în alegerea soluțiilor tehnice.

În iluminatul exterior se adoptă valori reduse de iluminare, limitate local la obiectele de iluminat, pentru a căror vizibilitate se folosesc efectele de contrast, fie între obiectele luminate pe un fond închis, fie invers, obiecte închise pe un fond luminat.

În instalațiile de iluminat interior, obiectele se văd și se detașează pe un fond format de pereții localului, iar strălucirea acestui fond păstrează o valoare comparabilă cu cea a obiectelor; din această cauză nu este necesară realizarea unor contraste importante între obiect și fond care să asigure impresia unei bune repartiții a luminii.

În iluminatul exterior, lipsa pereților verticali conduce la realizarea iluminărilor pe o singură suprafață, restul cîmpului vizual rămînînd ocupat de cerul întunecat. Pentru a compensa lipsa unui fond deschis, în iluminatul spațiilor deschise este necesar să se ilumineze și spațiul înconjurător celui util. Lumina care cade pe părțile laterale, în afara suprafețelor utile, pe străzi, piețe, terenuri de sport etc. nu trebuie considerată ca pierdută, căci ea mărește întinderea cîmpului vizual, face mai perceptibile obiectele și reduce oboseala ochiului. În iluminatul exterior, obiectele se percep sub formă de siluetă pe fondul înconjurător și numai rareori sînt descoperite prin umbrele lor. Din studiile întreprinse în diferite țări rezultă că, sub formă de siluete directe pe fondul unei îmbrăcăminți rutiere, se percep 80% din obstacolele întîlnite în circulație.

Contrastele dintre obiecte și fond depind de forma obiectului, de modul cum el reflectă lumina și de culoarea sa. Obiectele cu colorit închis și cu suprafețe puțin reflectante, cum se întîlnesc în curțile uzinelor, în triaje și depozite de camioane, minereuri etc., dezvoltă un contrast propriu redus, pe cînd îmbrăcămințile deschise (albe), cu un factor de reflexie ridicat, dezvoltă un contrast mai mare și sînt mai ușor perceptibile. În general, contrastul de fond condiționează vizibilitatea în spații deschise, iar în cazul obiectelor ce se deplasează și au o variație continuă a orientării luminii, vizibilitatea crește o dată cu nivelul de iluminare și, în consecință, cu strălucirea fondului.

Hotărîtoare pentru calitatea unui iluminat în spații deschise sînt obținerea și influența reciprocă a următoarelor elemente:

— o iluminare stabilă cu valori convenabile de iluminare în planurile orizontal E_o și vertical E_v;

— o repartiție judicioasă a surselor de lumină în vederea obținerii unei uniformități de iluminare;

— un iluminat difuz, fără efecte de orbire.

Valorile indicate în normativele și prescripțiile în vigoare pentru nivelul iluminărilor și uniformitatea lor reprezintă un compromis între sensibilitatea de percepere a ochiului omenesc și economia ce poate fi realizată în investiții.

Alegerea simultană a unor iluminări minime și medii se face astăzi în majoritatea țărilor în funcție de categoria și importanța străzilor sau spațiilor deschise și de intensitatea de circulație a mijloacelor de transport.

II. Prescripții privind instalațiile pentru iluminatul străzilor

În Republica Populară Romînă, normele de iluminat au fost reglementate pînă în 1961 de Prescripția nr. 23 din 1955 a Departamentului Energiei Electrice, care stabilea valorile minime ale iluminărilor orizontale pe căile de comunicație între 4 și 0,2 lx, în funcție de importanța orașelor și intensitatea circulației. Această prescripție a fost revizuită la valori mai ridicate, atît pentru nivelele iluminărilor orizontale cît și al uniformității iluminării, dîndu-se indicații și asupra dispoziției de adoptat a corpurilor de iluminat.

Deosebirile esențiale dintre Prescripția nr. 23 din 1955 și cea elaborată în 1961 sînt următoarele :

— În prescripția veche, nivelul de iluminare se stabilea în funcție fie de importanța străzii, fie de numărul maxim de unități de transport în timp de o oră. Cum ultimul criteriu se referea îndeosebi la șosele, rezulta că pentru străzile din interiorul orașului se putea aplica numai primul criteriu, care permitea realizarea unei valori de maximum 4 lx, pentru iluminarea minimă a străzilor centrale (principale) în orașele din grupa I. În noile prescripții s-a renunțat la criteriul ce norma iluminarea în funcție de numărul vehiculelor, clasificîndu-se străzile numai după importanța lor.

— Prin împărțirea orașelor în patru grupe, din care în grupa I intră numai Bucureștiul, iar în grupa a II-a orașele : Arad, Cluj, Constanța, Galați, Iași, Oradea, Brașov, Sibiu și Timișoara, nivelele mari de iluminare prescrise de norme (4 lx) puteau fi aplicate numai în Capitală, celelalte valori rămînînd pentru restul orașelor din țară. Noile prescripții împart orașele numai în trei grupe, folosind criteriul numărului de locuitori. Astfel, din grupa I fac parte orașul București și orașele cu o populație peste 50 000 de locuitori, din grupa a II-a — orașele cu o populație între 50 000 și 25 000 de locuitori și în grupa a III-a — tot restul orașelor și satelor țării. În acest fel, valorile cele mai mari ale iluminărilor prescrise pot fi aplicate tuturor orașelor cu o populație de peste 50 000 de locuitori, ceea ce va permite și va stimula ridicarea substanțială a nivelelor de iluminare a străzilor principale din numeroase orașe ale țării.

— Noile prescripții permit totodată încadrarea în grupa I a unor orașe care, deși au o populație mai redusă decît 50 000 de locuitori, prezintă o importanță deosebită pentru dezvoltarea economică, culturală sau turistică a țării, ca, de exemplu : Hunedoara, Reșița, Sinaia, stațiunile de pe litoral etc. Tot în vederea măririi nivelului de iluminare, noile prescripții permit, în cazuri bine justificate, trecerea unei străzi dintr-o clasă în alta, iar pentru străzi de importanță deosebită se recomandă ridicarea nivelului de iluminare prevăzut pentru străzile din categoria I cu 50 %, atingîndu-se astfel valorile $E_{med} = 22{,}5$ lx pentru străzi cu acoperămînt de culoare închisă, respectiv $E_{med} = 12$ lx pentru străzi cu acoperămînt de culoare deschisă.

— În vederea îmbunătățirii calității instalațiilor de iluminat, noile prescripții au trecut la utilizarea iluminării medii în locul iluminării minime ; prin fixarea coeficienților de uniformitate, $\frac{E_{min}}{E_{med}}$ și $\frac{E_{min}}{E_{max}}$, se definesc mult mai complet calitățile pe care trebuie să le îndeplinească o instalație de iluminat corespunzătoare.

— Pentru a se evita realizarea unor nivele de iluminare nerațional de ridicate și deci neeconomice, valorile iluminărilor medii recomandate de noile prescripții sînt date în funcție de culoarea acoperămîntului străzii (închisă sau deschisă), variind de la simplu la dublu în unele cazuri.

— Tot în vederea realizării unor soluții economice, aceste prescripții recomandă și dispoziția corpurilor de iluminat în diferite cazuri ce se pot ivi în practică.

Valoarea uniformității iluminărilor, măsurată prin rapoartele E_{min}/E_{med}, cît și E_{med}/E_{max}, pe suprafața de circulație este limitată între 1/3—1/4 pentru primele și 1/6—1/8 pentru ultimele rapoarte. În tabela 1 sînt date valorile din noile normative. Uniformitatea iluminărilor pe suprafața terenurilor de sport sau piețe este comparabilă cu aceea cerută în iluminatul interior pe planul de lucru și păstrează pentru raportul E_{med}/E_{max} valori între 1/3 și 1/5. Pentru spațiul deschis, la care o percepere mai slabă este admisă, un raport 1/10 între iluminările orizontale este admis și chiar dorit.

Uniformitatea iluminărilor, reprezentată prin dispoziția curbelor izolux (de egală iluminare) pe planul util, depinde de repartiția luminoasă a aparatelor, de înălțimea h a surselor de lumină și de distanța d între surse. Iluminatul exterior folosește surse luminoase dispersate în cazul iluminatului public rutier și surse grupate (proiectoare) în cazul spațiilor deschise, al terenurilor de sport, șantiere, piețe etc.

Pentru aparatele ce radiază în adîncime, se alege raportul h/d între 1/2 și 1/3, iar pentru cele ce radiază în lățime 1/3—1/4.

În ceea ce privește iluminatul vertical, E_v, pe străzi și artere de circulație la care vehiculele sau pietonii pot forma simple siluete pe fondul clar al căii de circulație, ele pot avea valori mai mici decît cele orizontale ($E_v < E_o$), pe cînd în centrele comerciale sau pe terenurile de sport, unde nu este suficientă numai perceperea siluetelor, ci și recunoașterea persoanelor, cele două iluminări trebuie să fie aproximativ egale, $E_v = E_o$.

Aparatele de iluminat au menirea de a dirija, după necesități, lumina produsă de sursele luminoase, în vederea unei repartizări optime a intensităților luminoase pe fondul util. Impresia repartiției luminii pe acest fond este influențată de strălucirea suprafeței fondului și proprietățile ei reflectante.

Strălucirile mari produc efecte de orbire ce pot fi datorate strălucirii surselor (orbirea directă), sau provocate de oglindirea (reflexia)

Tabela 1

Nr. crt.	Caracteristicile străzilor	Nivelul de iluminare necesar	Schema recomandată a surselor luminoase		Iluminare medie recomandată (lx)		Coeficient de uniformitate	
			$b > h$	$b < h$	Acoperămîntul străzii fiind de culoare :		$K_1 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$	$K_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$
					deschisă	închisă		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Străzi centrale (principale) în orașele din grupa I, străzi cu trafic intens (peste 1 000 vehicule pe oră și sens), pieţe importante	intens	Pe ambele părţi în zig-zag sau faţă în faţă (dacă artera este foarte largă)	Pe ambele părţi în zig-zag	8	15	1 : 3	1 : 6
2	Străzi centrale (principale) din grupa I, cum și străzi în zonele de clădiri cu mai multe etaje, cu un număr mare de instituţii, magazine în orașe din grupa I—II, ca și străzi cu circulaţie importantă (circa 500 vehicule pe oră și sens)	ridicat	Pe ambele părţi în zig-zag sau faţă în faţă (dacă artera este foarte largă)	Pe ambele părţi în zig-zag sau pe o singură parte	5	10	1 : 3	1 : 6
3	Străzi centrale (principale) din grupa III, cum și străzi în zonele cu construcţii mixte în care predomină cele cu mai multe etaje, în orașele din grupele I și II, ca și străzi cu circulaţie medie	mediu	Pe ambele părţi în zig-zag	Pe ambele părţi în zig-zag sau pe o singură parte	4	8	1 : 3	1 : 6
4	Străzi comerciale fără circulaţie mare de vehicule, însă cu o circulaţie intensă de pietoni	mediu	Pe ambele părţi în zig-zag sau faţă în faţă (dacă artera este foarte largă)	Pe ambele părţi în zig-zag sau pe o singură parte	3	6	1 : 3	1 : 6
5	Străzi cu trafic redus	redus	Pe ambele părţi în zig-zag sau faţă în faţă	Pe o singură parte	2	5	1 : 4	1 : 8
6	Străzi cu treceri în zonele de construcţii cu puţine etaje	slab	Pe o singură parte	Pe o singură parte	1	2	1 : 4	1 : 8

Observaţie. Pentru cazurile bine justificate, o stradă dintr-o clasă poate fi trecută în clasa imediat superioară ; pe arterele de deosebită importanţă, încadrate în clasa I, nivelul de iluminare se va ridica cu cel puţin 50%.

suprafeţelor pavajelor (orbirea indirectă). Orbirea directă depinde de densitatea luminii emanate de ansamblul corp de iluminat — lampă în jurul său și de unghiul de incidenţă a luminii cu ochiul observatorului, iar orbirea indirectă — de coeficientul de reflexie, în stare umedă și uscată, a diferitelor tipuri de pavaje : beton, asfalt, bitum etc. Fenomenele de orbire indirectă se produc sub formă de fîșii ce apar în special pe pavajele umede și pot fi îndepărtate printr-o alegere judicioasă a direcţiei de incidenţă a luminii ; ele sînt mai puţin supărătoare decît cele de orbire directă și ajută uneori la perceperea obiectelor și profilarea siluetelor pe căile de comunicaţie de la distanţe mai mari.

În tabela 2 se indică valorile coeficienţilor de reflexie pentru materialele uzuale ale pavajelor.

Majoritatea îmbrăcămintilor rutiere, și în special cele de asfalt, au o reflexie difuză dirijată.

În figura 1 se arată curbele de repartiţie a strălucirilor pentru diferite unghiuri de incidenţă, de 0, 60 și 90°, ale luminii cu planul orizontal al unei căi realizate cu pavaje uscate de beton asfalt.

Prescripţiile actuale limitează valoarea strălucirii maxime la 2 cd/cm² și indică ca limită

Tabela 2

Coeficienţii de reflexie ai pavajelor

Nr. crt.	Materiale	Grad de reflexie
1	Ciment-beton	0,20—0,35
2	Piatră de granit	0,20—0,25
3	Bitum	0,10—0,20
4	Asfalt	0,08—0,15
5	Asfalt negru	0,05—0,08

superioară a unghiului de emisie a razelor de lumină de către aparatele de iluminat valoarea $2 \times 75°$, în raport cu verticala sursei.

În prezent se schițează tendința de a lua în considerație caracteristicile de reflexie ale îmbrăcăminților rutiere în scopul de a trece de la normarea iluminărilor la normarea strălucirilor suprafețelor rutiere (în U.R.S.S., S.U.A., Olanda).

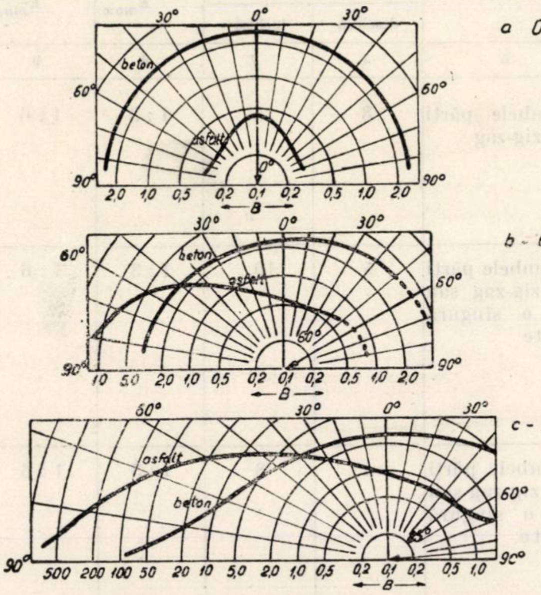


Fig. 1. Repartiția strălucirilor pe un plan orizontal pentru diferite incidențe normale și oblice ale luminii pe un pavaj uscat de beton și asfalt.

În figura 2 sînt reprezentate curbele de egală iluminare (izolux) și cele de egală strălucire (izostilb) pe o cale iluminată cu o sursă de 10 000 lm, montată într-un reflector simetric, la o înălțime de 10 m deasupra căii.

Stabilitatea luminii și fenomenele de pîlpîire au, în iluminatul exterior, o importanță mai mică decît în iluminatul interior, datorită faptului că direcția de mișcare a obiectelor se găsește în general în axul longitudinal al unghiului vizual și fluctuațiile luminii sînt mai puțin perceptibile.

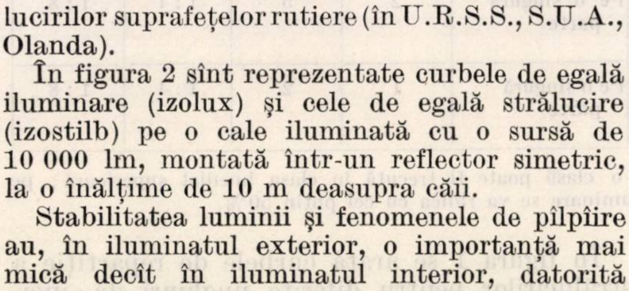


Fig. 2. Curbă de egală iluminare pe o șosea iluminată cu lampa de 10 000 lm și reflectoare orizontale la 10 m înălțime.

În iluminatul de circulație, care contribuie la conservarea vieții oamenilor, ambele fenomene trebuie luate în considerație la alegerea lămpilor și aparatelor de iluminat, precum și a modului lor de suspensie.

Se recomandă o legare succesivă a lămpilor pe diversele faze ale instalației, pentru a decala pozițiile de maximum ale emisiilor luminoase într-o perioadă, și o suspensie fixă, care să înlăture oscilațiile mecanice ale aparatelor de iluminat.

Culoarea luminii are, de asemenea, o influență mai mică decît în iluminatul interior și intervine numai în alegerea lămpilor ce emit în preponderență radiații care pot străbate prin atmosferă pe timp de ceață.

Puterea de pătrundere a luminii colorate prin atmosferă este mai mare în cazul radiațiilor roșii, cu lungimi mari de undă, față de cele situate în regiunea culorilor albastru-violet ale spectrului, care sînt mai ușor absorbite.

Făcînd abstracție de perceperea culorilor, lumina aproape monocromatică, emisă de lămpile cu vapori de mercur sau de sodiu, este preferată în iluminatul de circulație, pentru că ocazionează o mărire a acuității vizuale și a perceperii contrastelor.

În iluminatul de semnalizare, pentru a putea distinge mai ușor unele semne față de altele, se folosește lumina colorată, în roșu pentru semnalizarea pericolelor și în galben și verde pentru siguranță.

Menținerea constantă a luminii trebuie îndepărtată în acest caz, mișcarea farurilor sau schimbarea insignelor luminoase fiind necesară pentru a atrage atenția asupra existenței surselor de semnalizare.

III. Surse de lumină și aparate de iluminat

În iluminatul exterior, sursele de lumină se consideră ca punctiforme ; dimensiunile lor nu intervin în calcul, deoarece sînt mici în raport cu cele ale obiectelor pe care le luminează și cu distanțe dintre surse și obiecte.

Tehnica modernă ne pune la dispoziție ca surse de lumină pentru iluminatul exterior, în afara lămpilor cu incandescență de puteri mari, și lămpile cu descărcări în gaze. În iluminatul de circulație se folosesc :

— lămpile tubulare cu vapori de mercur, de joasă presiune, tip CC Electrofar, ce dau o lumină apropiată de lumina zilei ;

— lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune, tip HP, cu lumină albăstruie ;

— lămpile cu vapori de sodiu, de formă tubulară în U, cu lumină gălbuie.

Pentru iluminatul piețelor și spațiilor mari deschise, lămpile cu arc în gaz xenon la înaltă presiune (8—10 at), cu lumină foarte apropiată de lumina zilei.

În iluminatul de circulație se folosesc aparate cu focare repartizate (reflectoare difuzante cu fascicul larg), iar în iluminatul spațiilor largi, aparate cu focare concentrate (reflectoare cu oglindă — proiectoare).

Reflectoarele, ca să folosească în condiții optime fluxul luminos emis de lampă, trebuie să aibă dimensiuni suficient de mari față de cele ale lămpilor, pentru a le putea cuprinde în interiorul lor.

Proiectoarele au, în general, o formă parabolică, cu una sau mai multe oglinzi reflectante, care permit micșorarea dimensiunilor lor. În iluminatul la mare distanță, proiectoarele trebuie să dispună de dispozitive de reglaj al fasciculului luminos prin exfocalizarea lămpii.

Lămpile cu incandescență au dimensiuni mici și străluciri mari, circa 1200 cd/cm^2; ele permit o focalizare exactă și realizarea unor intensități luminoase importante; prezintă inconvenientul unei eficacități luminoase scăzute (o lampă de 1000 W la 220 V abia atinge 18,5 lm/W). Lămpile fluorescente de joasă presiune au formă tubulară și dimensiuni mari, ce limitează folosirea lor la iluminatul cu surse repartizate. Ele prezintă o eficacitate luminoasă ridicată, 50 lm/W, și o strălucire mică, 0,5 cd/cm^2. Lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune au o formă apropiată celor incandescente și sînt folosite atît în iluminatul de circulație cît și în cel al spațiilor mari cu focare concentrate. Eficacitatea luminoasă este de 60 lm/W și strălucirea de 10—15 cd/cm^2. Lămpile cu vapori de sodiu au o eficacitate luminoasă de 40—60 lm/W și o strălucire de 10 cd/cm^2. Forma lor tubulară le face improprii pentru o bună focalizare. Lumina lor galbenă monocromatică le limitează folosirea la căi sau piste prelungite (schi), unde se cere o bună vizibilitate pe timp de ceață. Lămpile cu xenon se folosesc în iluminatul spațiilor deschise, montate la înălțime mare, de 25—30 m. Au o eficacitate de circa 27 lm/W și o strălucire apropiată de cea a soarelui. Se folosesc în iluminatul exterior la puteri de 10—20 kW; s-au construit pentru iluminatul piețelor lămpi de 65 kW, ce emit un flux de 2 milioane lumeni.

Corpurile de iluminat pentru lămpile tubulare fluorescente de 20, 40 și 65 W sînt reflectoare din tablă de oțel vopsite în alb, cu o reflexie simetrică în planurile longitudinal și transversal. În același reflector, pentru a compensa fluxul redus al unui singur tub, se instalează pentru iluminarea căilor de comunicații 2—4 tuburi așezate în același plan orizontal, sau în două planuri orizontale; alegerea așezării tuburilor se face în funcție de profilul transversal al căii și de direcția în care este necesară o întărire a fluxului luminos.

În figura 3 se arată repartiția intensităților luminoase pentru un reflector cu calotă din sticlă silicioasă, dotat cu două lămpi tubulare a 40 W, dispuse alăturat în același plan orizontal.

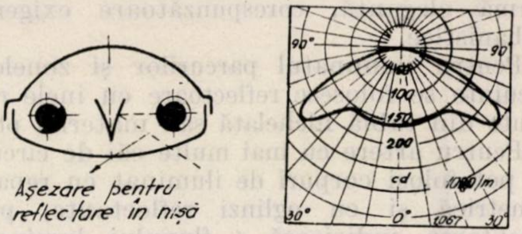


Fig. 3. Curbă polară pentru reflector simetric cu calotă plată din sticlă silicată.

În figura 4 se arată aceeași repartiție pentru lămpi așezate în două planuri orizontale. Lămpile sînt fixate pe suporți laterali cu o înclinație de 15°, față de suprafața orizontală.

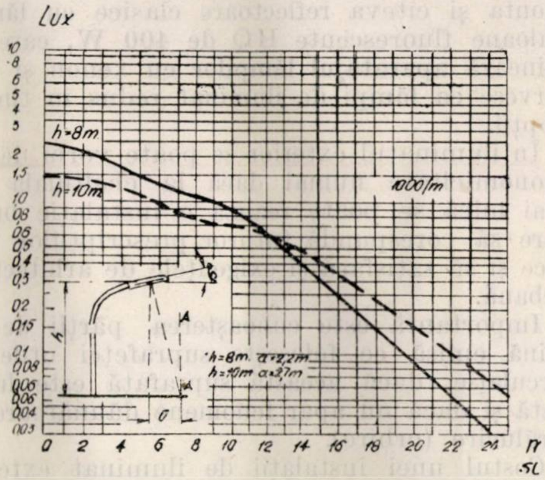


Fig. 4. Diagrama repartițiilor luminoase la reflectoare cu două tuburi fluorescente în suspensie laterală.

La iluminatul căilor pietonale, alei, zone verzi și zone de locuințe se folosesc reflectoare tronconice cu sticlă opacă, în care se montează șase lămpi a 20 W, ce dau o lumină difuză (fig. 5).

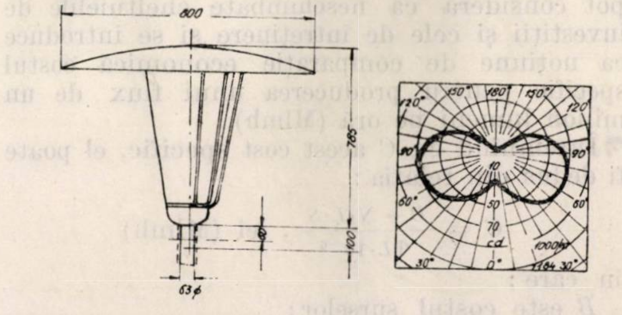


Fig. 5. Lampadar cu lămpi tubulare fluorescente 25 W. Curba repartiției luminoase pentru glob cilindric opal reflector cu fascicul răspîndit.

Lămpile cu vapori de mercur sub presiune se pot monta în orice aparat de iluminat prin simplă înşurubare în dulie E-27 pentru intensităţi pînă la 250 W şi E-40 pentru intensităţi mai mari. Se fabrică şi lămpi speciale cu reflector tip ,,scoică'', cu calotă silicioasă, într-o formă elegantă, corespunzătoare exigenţelor urbanistice.

Pentru iluminatul parcurilor şi zonelor de locuinţe se folosesc reflectoare cu inele reflectante din tablă nichelată sau material plastic.

Pentru artere cu mai multe căi de circulaţie se pot folosi corpuri de iluminat cu repartiţie simetrică şi cu oglinzi reflectante, pentru orientarea judicioasă a fluxului luminos pe suprafaţa căilor.

Lămpile cu xenon pentru iluminatul spaţiilor mari deschise folosesc panouri reflectante din aluminiu oglindat, de formă dreptunghiulară sau hexagonală, pe care sînt montate mai multe lămpi de 10 sau 20 kW, împreună cu aparatajul auxiliar de amortizare şi comandă.

Pe părţile laterale ale panourilor se pot monta şi cîteva reflectoare clasice cu lămpi-baloane fluorescente HQ de 400 W, care luminează aparatajul lămpilor cu xenon şi care servesc ca lămpi de iluminat redus în timpul nopţii.

În iluminatul exterior se poate vorbi despre economicitate numai dacă la cheltuiala cea mai mică se poate realiza o instalaţie bună, care să corespundă tuturor prescripţiilor tehnice şi să satisfacă şi exigenţele de arhitectură urbană.

Importantă este cunoaşterea părţii de lumină emisă ce foloseşte suprafeţei utile de circulaţie, dacă această suprafaţă este luminată şi dacă nu apar fenomene dăunătoare de strălucire (orbire).

Costul unei instalaţii de iluminat exterior cuprinde, la capitolul de investiţii : corpurile de iluminat, suporţii şi suspensiile, liniile în cablu şi instalaţiile de comandă, precum şi cotele procentuale de amortizare, iar la cheltuielile anuale : sursele de lumină, costul energiei electrice şi cheltuielile de întreţinere şi înlocuire a părţilor uzate (conform normelor).

Ca un criteriu preliminar de analiză la realizarea unei instalaţii de iluminat exterior se pot considera ca neschimbate cheltuielile de investiţii şi cele de întreţinere şi se introduce ca noţiune de comparaţie economică costul specific pentru producerea unui flux de un milion lumeni pe oră (Mlmh).

Însemnînd cu C acest cost specific, el poate fi dedus din relaţia :

$$C = \frac{B + N \cdot L \cdot S}{\Phi L \cdot 10^{-6}}, \text{ lei (Mlmh)}$$

în care :

B este costul surselor;
N — puterea absorbită de surse şi accesorii;
L — durata de viaţă a surselor, ore;
S — costul energiei electrice, lei/kWh;
Φ — fluxul emis de sursa luminoasă, lm.

Costul anual pentru un caz anumit de iluminare se obţine prin înmulţirea costului specific al surselor C, pentru tipul ales, cu cantitatea totală de energie luminoasă necesară Q, care este produsul dintre fluxul luminos instalat Φ şi numărul anual de ore de utilizare T:

$$Q = \Phi \cdot T \cdot 10^{-6} \text{ Mlmh.}$$

Formula simplificată pentru aflarea costurilor anuale devine :

$$K = A \frac{p}{100} + C \cdot \Phi \cdot T \cdot 10^{-6},$$

respectiv

$$K = A \frac{p}{100} + C \cdot \Phi \cdot Q,$$

în care primul termen reprezintă procente din costurile de investiţii, iar al doilea termen — cheltuieli de exploatare anuale (tabela 3).

Tabela 3

Cost specific al lămpilor în iluminatul exterior

Nr. crt.	Tipul de lampă pentru 220 V	Puterea, W	Cost specific, lei/Mlmh
1	Lămpi cu incandescenţă	300	7,35
		500	6,89
		1 000	5,99
		2 000	5,82
2	Lămpi fluorescente inclusiv accesoriile la amorsare	20	3.71
		40	2,68
		65	2,59
3	Lămpi cu vapori de mercur sub presiune inclusiv accesorii de amorsare	80	4,53
		125	3,80
		250	3,05
		400	2,80
		1 000	2,76
4	Lămpi cu vapori de sodiu cu accesorii	45/66	7,07
		60/81	5,02
		85/106	3,69
		140/163	3,12

IV. Suporţi şi suspensii

Instalaţiile de iluminat exterior amplasate în cadrul urbanistic contribuie la formarea esteticii sale, întregind-o favorabil sau făcînd notă discordantă, cînd, sub aspect estetic, nu sînt la înălţimea mediului înconjurător.

Dotarea noilor realizări urbane cu instalaţii de iluminat se face, bineînţeles, în primul rînd într-un scop de utilitate publică, însă proiectanţii trebuie să aibă ca preocupare şi înnobilarea formelor estetice ce agrementează viaţa

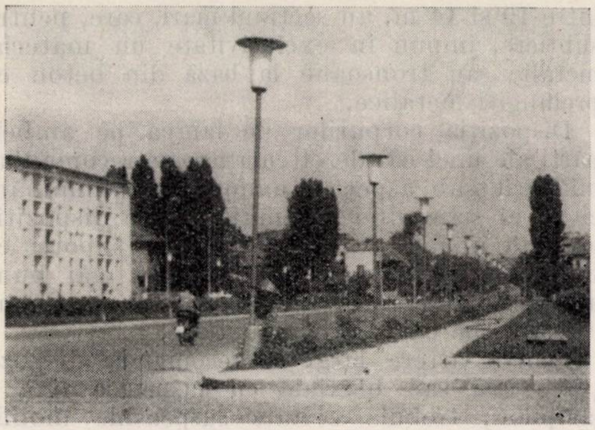


Fig. 6. Stîlp lampadar cu corp de iluminat fluorescent — Bd. Eroilor.

celor ce le folosesc, contribuind totodată la formarea gustului lor estetic. Situaţia, în parte nesatisfăcătoare, din trecut a aspectului arhitectural al echipamentului instalaţiilor de iluminat public necesită o revizuire generală şi, pe baza realizărilor din alte ţări şi de la noi, trebuie să se stabilească o linie directoare pentru viitor.

Tratarea aspectelor tehnice şi arhitecturale ale echipamentului instalaţiilor de iluminat exterior se face ţinîndu-se seamă de: forma şi înălţimea suporţilor şi a suspensiilor, materialul lor de confecţionare, aspectul lor estetic şi modul de alimentare.

Forma este o problemă de apreciere în ceea ce priveşte acordarea ei cu mediul înconjurător, iar alegerea ei urmează, însă, să fie limitată de existenţa unui număr finit de tipuri, pentru a se putea crea o unitate între arterele de circulaţie de aceeaşi categorie, rămînînd ca tipurile unicat să fie folosite în situaţii speciale urbanistice.

Spre deosebire de stîlpii întrebuinţaţi pînă nu de mult la noi, cu profile şi socluri lucrate cu console împodobite, concepţia stîlpilor moderni prevede o cît mai mare simplitate şi o siluetă elegantă, evitîndu-se masivitatea din trecut. Simplitatea modernă caută să precizeze rolul de auxiliar urbanistic al stîlpilor faţă de rolul util al lor în spaţiul urbanistic.

Dacă stîlpii sînt suporţi ai aparatelor de iluminat public, expresia lor trebuie să se rezume la acest scop, să nu devină monumentali în mediul lor. În spaţii deschise libere, în pieţe sau în spaţii de pasaje, unde suporţii corpurilor de iluminat capătă un rol special, în compoziţia urbanistică se vor folosi „stîlpi speciali" de tip monumental.

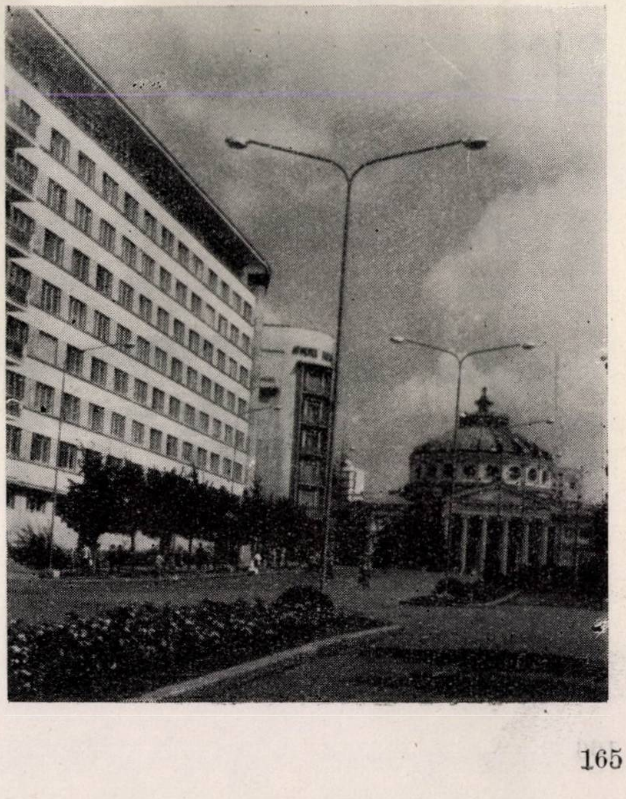
Înălţimea stîlpilor este dictată, în general, de artera a cărei dotare este stîlpul, proporţionarea realizîndu-se în raport direct cu dimensiunile şi importanţa arterei; în iluminatul de circulaţie mai intervine distanţa dintre suporţi şi felul aparatului de iluminat folosit.

Ca înălţime, suporţii pot fi împărţiţi în patru categorii: mici, mijlocii, de mare înălţime şi speciali.

Stîlpii mici, numiţi şi lampadare, îşi găsesc întrebuinţarea în zonele verzi şi pe căile pietonale din zonele de locuinţe sau de agrement. Prin caracterul intim al iluminării, înălţimea sursei lor nu depăşeşte 5—6 m — relativ apropiată de înălţimea omului —, iar materialul din care sînt realizaţi este, în majoritatea cazurilor, metalul. Se prevăd şi suporţi din beton armat profilat, cu recomandarea de a se folosi şi suporţii rotunzi, care au aspect agreabil. În figura 6 sînt redate lampadare moderne.

Stîlpii mijlocii, cu înălţimea între 6 şi 10 m, folosiţi în arterele de circulaţie de interes local, au lăţimi de 6—12 m; ei sînt completaţi cu braţe care permit împingerea corpului de iluminat spre axul căii de circulaţie. Formele moderne caută să pună în valoare calităţile materialelor pe care le întrebuinţează şi să simplifice cît mai mult nodul braţ-stîlp, care apare ca o încheietură vizibilă sau o racordare tip bici (fig. 7 şi 8). În toate cazurile se caută o scădere treptată a secţiunii în raport cu scăderea efortului cu care este solicitat stîlpul sau braţul. Tipurile moderne de stîlpi folosesc console în unghi deschis sau drept,

Fig. 7. Stîlp metalic cu două corpuri de iluminat HRF — Piaţa Sălii Palatului.



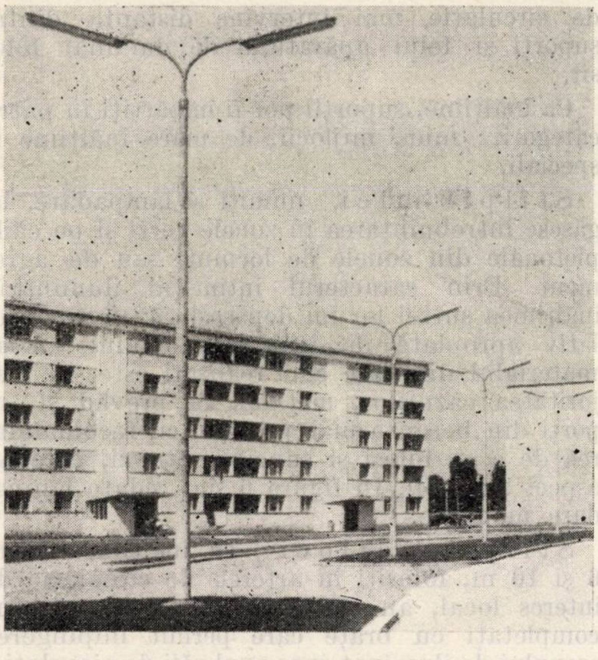


Fig. 8. Stîlp din beton armat centrifugat cu două corpuri de iluminat tip banană, 3×40 W — cartierul Giulești-Ulmului.

în formă de parabolă sau bici, pentru a susține aparatura.

Stîlpii de mare înălțime sînt folosiți pe arterele largi, cu trafic mare de circulație, pe șosele importante, pe triaje și piețe publice (fig. 9 și 10). Înălțimea lor variază între 10 și 14 m, au secțiuni mari, care, pentru subțiere, impun în exclusivitate un material metalic sau tronsoane la bază din beton cu prelungiri metalice.

Dispoziția corpurilor de lampă pe ambele părți ale unei căi de circulație este recomandabilă atît sub aspectul uniformității iluminării cît și al siguranței circulației. Între dispoziția lor față în față sau în zig-zag, pe suporți cu brațe de 1—2 m, ultima oferă o mai bună acoperire reciprocă a benzilor de strălucire ridicată, pe căile de comunicație.

Pentru artere largi se recomandă dispoziția axială sau biaxială cu suspensie fixă a lămpilor; trebuie evitate suspensiile mobile pentru că ele produc, prin balansarea lămpilor, fenomene de fluctuații în iluminare, care conduc la nesiguranță în circulație și facilitează producerea de accidente. Pe de altă parte, exploatarea și întreținerea suspensiilor mobile sînt mai costisitoare, iar reparațiile îngreuiază circulația.

Dispoziția lămpilor pe o singură parte trebuie evitată, deoarece avantajul economic ce rezultă din pozarea numai a unui singur rînd de cabluri nu poate compensa inconvenientele unei

Fig. 9. Stîlp metalic cu trei corpuri de iluminat HRF — Piața Sălii Palatului.

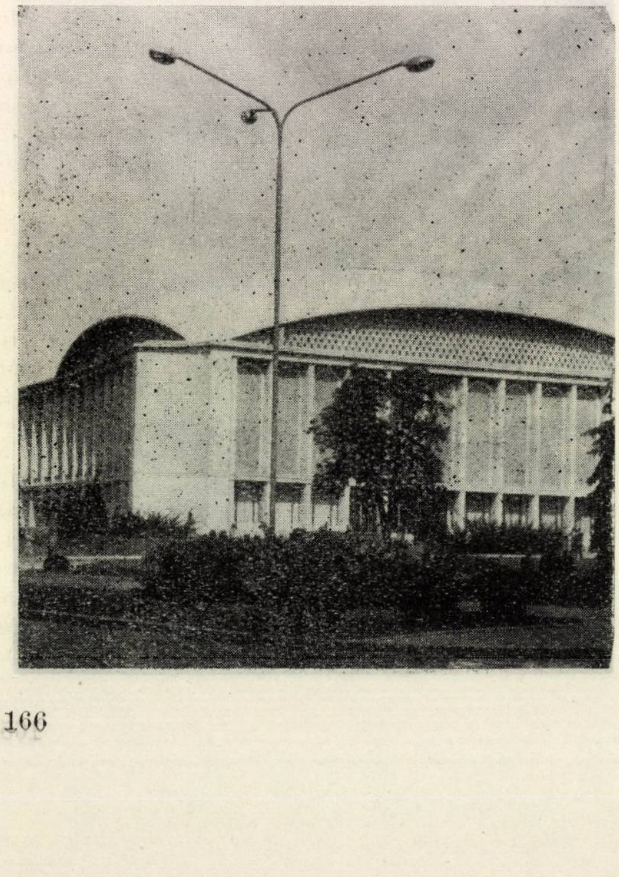
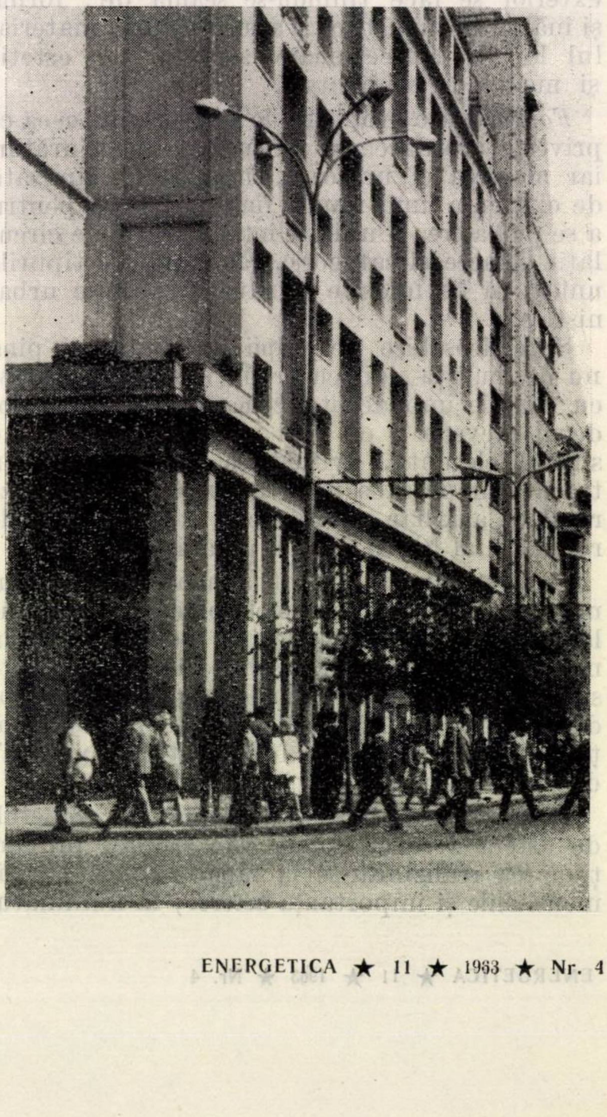


Fig. 10. Stîlp metalic tip Mannessmann cu patru corpuri de iluminat HRF — bd. 6 Martie.



iluminări neuniforme pe cele două părți ale căii și creșterea accidentelor de circulație datorate tendinței conducătorilor de vehicule de a circula pe partea mai luminată.

În alegerea dispoziției suporților de lampă pe o arteră de circulație intervin și plantațiile de pomi și spațiile verzi. Din studiile făcute de comitetele de iluminat au rezultat o serie de date importante privind iluminatul străzilor cu plantații de pomi. Plantațiile stradale nu trebuie să aibă înălțimi mari și coroane bogate; selecția pomilor a fost prezentată și sub aspectul zonelor de folosire a instalațiilor de iluminat public, arătîndu-se inconvenientele pe care le ocazionează prezența pomilor prin reducerea nivelului de iluminare și interferența crengilor cu instalațiile electrice aeriene. A rezultat ca necesară tunderea coronamentelor numai la acele crăci care cad în conul de iluminare maximă. Coroanele din mijloc dintre lămpi și cele din planurile aflate mai jos de lămpi ajută la adăpostirea surselor de la distanță, reduc strălucirea și măresc vizibilitatea.

În sensul evitării dificultăților pe care le provoacă prezența pomilor pe arterele de circulație, se admit unele derogări în proiectare, ca: reducerea înălțimii de montaj a lămpilor și a distanței dintre stîlpi, sau mărirea puterii lămpilor pentru a compensa reducerea nivelului de iluminare cauzată de prezența frunzișului; ambele derogări conduc însă la creșterea costului instalațiilor de iluminat.

Se acceptă devieri în spațiile dintre stîlpi cu abateri de ± 10 % din deschiderea medie, fără a prejudicia în mod serios uniformitatea iluminatului.

V. Exploatarea instalațiilor electrice de iluminat exterior

Exploatarea instalațiilor de iluminat pune numeroase și variate probleme privind defectarea, înlocuirea și verificarea lămpilor și echipamentelor lor.

În literatura de specialitate se afirmă că în anumite condiții este mai economic ca funcționarea lămpilor cu incandescență să se facă într-un număr predeterminat de ore, în funcție de locul de instalare a lămpilor și de condițiile locale; în acest fel, după trecerea numărului de ore acordat, lămpile cu incandescență se scot din uz, indiferent de starea lor de uzură. Această metodă de înlocuire prezintă următoarele avantaje și dezavantaje:

1. Se păstrează un nivel mediu de iluminare mai ridicat.
2. Manopera de înlocuire este mai ieftină, realizîndu-se per total o economie a cheltuielilor de exploatare.
3. Există posibilitatea ca numărul redus de lămpi arse între data montării și data înlocuirii tuturor lămpilor să fie astfel grupate, încît, ele fiind situate una lîngă alta, să rămînă o zonă mai mare în întuneric.

Pentru lămpile cu vapori de mercur de 250 și 400 W, pentru care se indică ca termen de înlocuire 5000 ore, multe s-au ars înainte cu mult de depășirea acestui termen de înlocuire, și cauzele urmează a fi analizate cu atenție. În general, defectarea acestor lămpi se datorește: vibrațiilor, bobinelor necorespunzătoare și spargerii baloanelor exterioare, în afara cauzelor neaparente.

Din analiza făcută la instalațiile din București au rezultat următoarele:

— vibrațiile au cauzat defecte de lipituri la electrodul principal în proporție de 4,2% din totalul lămpilor cercetate;

— punerea la pămînt a bobinei și montaje incorecte ale lor între fază și nul au produs topirea legăturilor la electrozii principali în proporție de 17,4%;

— scurtcircuite în bobine au produs deformarea, fisurarea sau ruperea tubului de cuarț în proporție de 56,4%, iar alte cauze neaparente — de 22%.

Deși vibrațiile apar în analiză cu o pondere relativ redusă, s-a putut totuși constata că, pe străzile unde nu există mijloace de transport în comun, viața lămpilor este mult mai mare față de acele artere unde stîlpii de iluminat sînt comuni cu rețeaua de transporturi electrificate. În această analiză nu au fost cuprinse, de asemenea, lămpile defectate din motive mecanice, ca, de exemplu, cele ce au fost deșurubate de vibrații, cele ce au fost distruse de contacte proaste etc.

O altă cauză esențială de defectare a lămpilor cu vapori de mercur trebuie căutată în schema de funcționare a acestora, montajul lor corect fiind cu bobinele montate spre fază, iar lămpile — între fază și nul. În acest montaj corect, în cazul unei puneri la masă într-o bobină defectă, caz destul de frecvent, lampa nu este solicitată de o tensiune prea mare. Dacă lămpile sînt montate în serie cu inductanțele lor, se produce la orice punere la pămînt a bobinelor arderea instantanee a electrozilor principali și distrugerea lămpilor.

Pentru îmbunătățirea exploatării instalațiilor de iluminat, se fac, în rețeaua orașului București, măsurători de iluminări pe diferite artere principale, în scopul verificării performanțelor luminotehnice ale instalațiilor în raport cu situația proiectată. O unitate specială a întreprinderii de exploatare I.D.E.B. se ocupă cu metodologia măsurătorilor de iluminare, de etalonare a luxmetrelor și de întocmirea unor formulare de control fixe pentru fiecare lampă.

Verificarea calității echipamentului luminotehnic înainte de folosirea în rețea constituie o preocupare a cadrelor de specialitate și ea necesită instalarea unui laborator corespunzător, echipat cu aparate pentru verificarea tuburilor (durata lor de viață, curbele fotometrice) cît și a balasturilor și starterelor.

În articol se prezintă aspectele mai importante de care trebuie să se țină seamă atunci cînd se aleg soluțiile de iluminat exterior. Nu s-a inclus, legat de iluminatul exterior, iluminatul terenurilor de sport, al stadioanelor, al șantierelor și al piețelor, fiind considerat ca problemă de specialitate, și de aceea ne-am rezumat la iluminatul străzilor, care devine foarte important avînd în vedere dezvoltarea urbanistică a orașelor.

Atît articolul de față cît și normele care au apărut tratează aspectele principale de care trebuie să se țină seamă la un iluminat exterior, urmînd ca proiectantul de specialitate să valorifice indicațiile date și să ajungă la concluzii economice atît din punct de vedere al soluției cît și al efectului ce trebuie obținut, avînd în vedere pagubele ce se pot produce din cauza unui iluminat nereușit și a căror valoare nu este cuprinsă în nici o formulă de calcul.

Proiectarea instalațiilor de iluminat public trebuie să țină seamă și de perspectiva elementelor care condiționează soluția ce urmează a fi adoptată. Se va avea în vedere deci ca ridicarea valorilor luminotehnice să nu necesite investiții în toate elementele componente ale rețelei de iluminat, ci prin modificări sau adaptări de surse luminoase cu randamente superioare, plasate la aceleași înălțimi și distanțe, să se obțină efectul luminos dorit.

În afara condițiilor impuse de norme privind valorile de care trebuie să se țină seamă la proiectarea instalațiilor de iluminat exterior, se mai impune ca acestea să fie menținute și în decursul anilor printr-o bună întreținere și exploatare a instalațiilor.

Volumul mare de cheltuieli de investiții care se acordă instalațiilor de iluminat exterior implică o specializare a cadrelor de ingineri din cadrul unităților de proiectare, ținîndu-se seamă de condițiile care se cer la proiectarea acestor instalații. De asemenea, aceeași specializare și pentru personalul ingineresc din exploatare, care trebuie să cunoască sub toate aspectele întreținerea noilor instalații de iluminat, care se completează de la an la an cu concepții noi și aparatură de înaltă tehnicitate.

Bibliografie

[1] Ministerul Minelor și Energiei Electrice — Departamentul Energiei Electrice. Prescripția nr. 23—61: „*Prescripții pentru iluminatul străzilor*", ediția II, I.C.S.E., 1961.

[2] Ministerul Minelor și Energiei Electrice — Departamentul Energiei Electrice. Instrucțiunea nr. 115—61: „*Instrucțiuni pentru construcția, exploatarea și întreținerea rețelelor de iluminat public*", I.C.S.E., 1961, 71 p.

[3] Gheorghiu, N. *Realizări și perspective în domeniul instalațiilor pentru iluminatul străzilor.* În: Electrotehnica, **6**, nr. 9, septembrie 1958, p. 317—328.

[4] Gheorghiu, N. și Militaru, P. *Iluminatul electric.* Editura tehnică, București, 1952, 420 p.

[5] Pahl A. și Chodura, R. *Despre problema orbirii în iluminatul străzilor.* În: Lichttechnik, **8**, nr. 11, noiembrie 1956, p. 480—486.

[6] Loef C. *Progrese în iluminatul străzilor cu lămpi fluorescente montate longitudinal.* În: Lichttechnik, **8**, nr. 8, august 1956, p. 337—339.

[7] Walthert, R. *Problemele iluminatului autostrăzilor moderne.* În: Elektrizitätsverwertung, **32**, nr. 1—2, aprilie-mai, 1957, p. 1—10.

[8] Züllig, H. T. *O nouă posibilitate pentru iluminatul autostrăzilor.* În: Elektrizitätsverwertung, **32**, nr. 1—2, aprilie-mai 1957, p. 10—16.

[9] Stingel, Z. W. *Reclama luminoasă încadrată în aspectul urban și rural.* În: Elektrizitätsverwertung, **32**, nr. 1—2, aprilie-mai 1957, p. 18—24.

[10] *Îndreptar pentru tehnica iluminatului.* Editura Academiei de Științe din U.R.S.S., Moscova 1956, vol. I, 470 p.

[11] A.E.G. — Lichttechnik Leuchtenliste. *Catalog de corpuri de iluminat al firmei A.E.G.*, 1956, 371 p.

[12] Siemens — Leuchten. *Catalog de corpuri de iluminat al firmei Siemens*, decembrie 1958, 287 p.

[13] Schmidt, W. și Lehmann, T. *Un corp de iluminat de mare suprafață cu lămpi cu xenon de mare putere.* În: Light and Litghting, nr. 1, ianuarie 1959, p. 24—26.

[14] *Stîlpi folosiți pentru iluminatul public în mediul urban.* Studiu întocmit de I.S.P.E., 1961, 17 p.

[15] *Studiul noilor tipuri de stîlpi de beton armat și de metal pentru rețeaua de iluminat public.* Studiu întocmit de I.R.E.B., decembrie 1959, 20 p.

Telesemnalizarea funcţionării instalaţiilor pentru iluminatul străzilor în oraşul Bucureşti

Ing. *WILLY FRIEDMANN*

Corpurile pentru iluminatul străzilor din orașul București sînt legate la o rețea separată, racordată la posturile de transformare de 5 (10)/0,4 (0,2) kV.

Alimentarea circuitelor pentru iluminatul străzilor se face de la barele comune de joasă tensiune ale transformatoarelor din posturi, prin intermediul unui contactor, cu acționare electromagnetică. Pentru realizarea unei comenzi automate a iluminatului străzilor, contactoarele sînt legate între ele printr-o schemă în cascadă, care funcționează prin transmiterea unui impuls emis dintr-un punct de comandă, la un prim contactor, comanda transmițîndu-se apoi din aparat în aparat, prin înseși conductoarele rețelei de iluminatul străzilor.

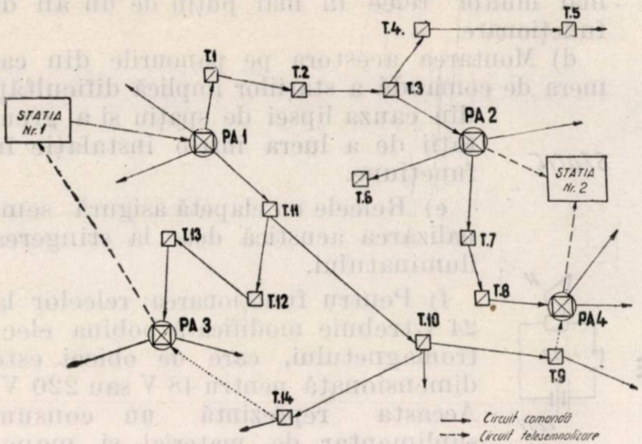

STATIA Nr. 1
STATIA Nr. 2
PA 1
PA 2
PA 3
PA4
T.1
T.2
T.3
T.4.
T.5
T.6
T.7
T.8
T.9
T.10
T.11
T.12
T.13
T.14
Circuit comandă
Circuit telesemnalizare
Circuit confirmare

Fig. 1. Schema de principiu a unei cascade.

În figura 1 se arată schema de principiu a unei cascade la care impulsul pornește de la stația nr. 1, iar în figura 2 — schema trifilară a unei porțiuni de circuit.

Legarea contactoarelor în cascadă prezintă avantajul unei scheme simple, ușor de exploatat, dar la întreruperea circuitului de comandă o mare porțiune din circuit iese din funcțiune. Deoarece configurația geografică a rețelelor din orașul București a impus depășirea cu mult a numărului rațional de 8 — 10 contactoare, care se leagă de obicei în cascadă, s-a trecut la introducerea unor scheme de automatizare, menite să asigure mărirea gradului de siguranță, ca și ușurarea controlului stării rețelelor de iluminat.

În articol se tratează două scheme de telesemnalizare a funcționării iluminatului străzilor destinate să semnalizeze în anumite puncte, care au legătură cu serviciul central de dispecer I.D.E.B., situația din diferitele puncte ale cascadei sau de la capetele ei. La proiectarea instalației de telesemnalizare s-a urmărit

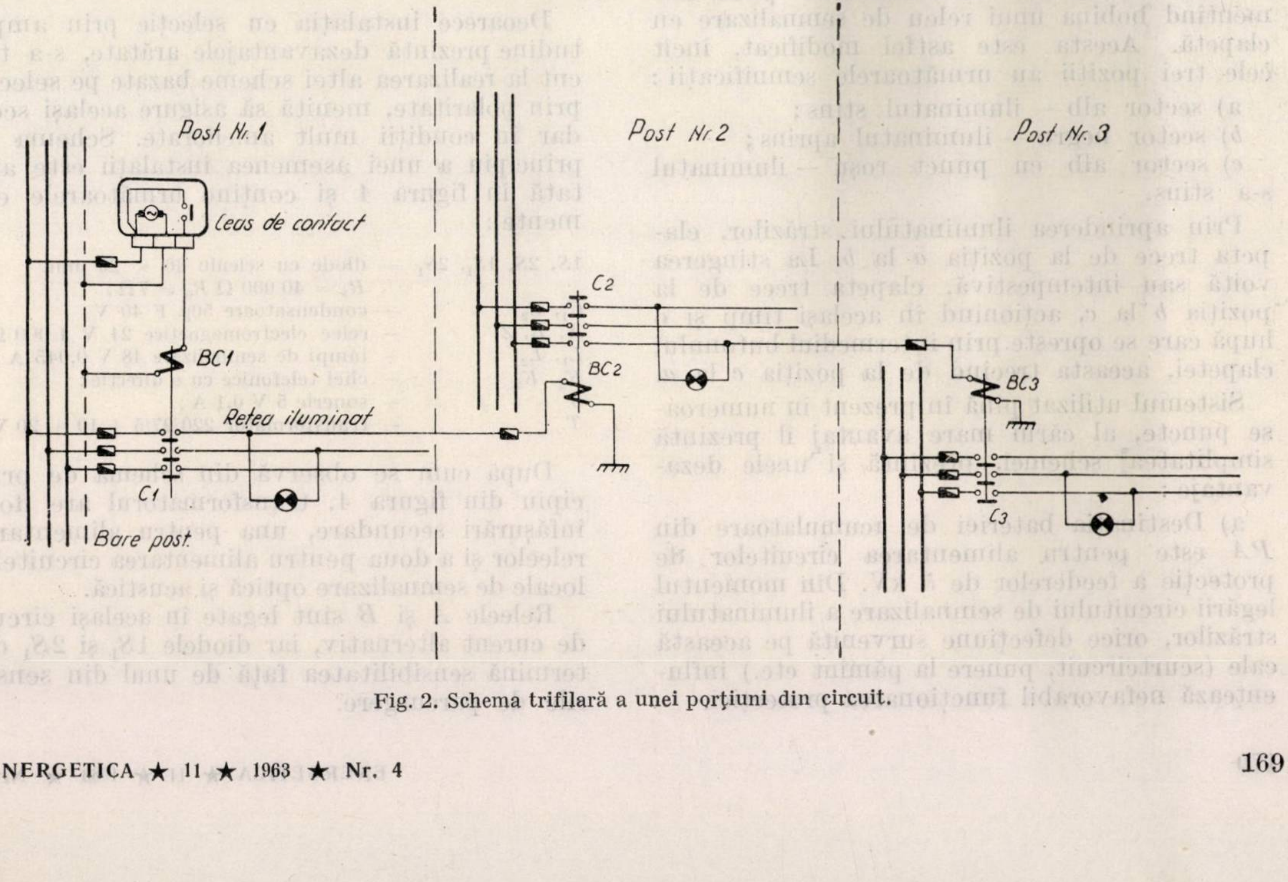

Post Nr. 1
Post Nr 2
Post Nr. 3
Ceas de contact
BC1
BC2
BC3
C1
C2
C3
Retea iluminat
Bare post

Fig. 2. Schema trifilară a unei porțiuni din circuit.

realizarea unei scheme simple, sigure în funcționare, ușor de exploatat, realizabilă cu materiale ușor de procurat.

Sistemele de telesemnalizare folosite în rețeaua pentru iluminatul străzilor a orașului București sînt de două feluri :

a) sistemul cu selecție prin amplitudine, pe cale de a fi înlocuit în prezent cu

b) sistemul cu selecție prin polaritate.

În cele ce urmează se vor descrie ambele sisteme, cu avantajele și dezavantajele lor.

1. Instalația de telesemnalizare cu selecție prin amplitudine

Schema acestei instalații de telesemnalizare funcționează în felul următor (fig. 3) :

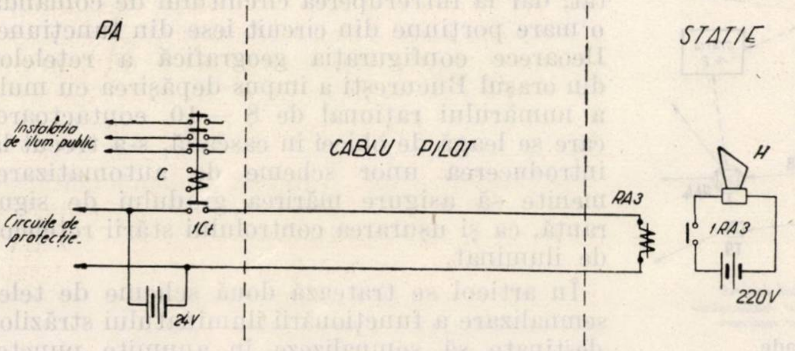


Fig. 3. Schema instalației de telesemnalizare cu selecție prin amplitudine.

Dacă contactorul C, dintr-un punct de alimentare (PA) de pe traseul cascadei, sau de la capătul ei, a primit un impuls, se închide circuitul de semnalizare din cablul-fir pilot, alimentînd bobina unui releu de semnalizare cu clapetă. Acesta este astfel modificat, încît cele trei poziții au următoarele semnificații :

a) sector alb — iluminatul stins ;

b) sector negru — iluminatul aprins ;

c) sector alb cu punct roșu — iluminatul s-a stins.

Prin aprinderea iluminatului străzilor, clapeta trece de la poziția *a* la *b*. La stingerea voită sau intempestivă, clapeta trece de la poziția *b* la *c*, acționînd în același timp și o hupă care se oprește prin intermediul butonului clapetei, aceasta trecînd de la poziția *c* la *a*.

Sistemul utilizat pînă în prezent în numeroase puncte, al cărui mare avantaj îl prezintă simplitatea schemei, prezintă și unele dezavantaje :

a) Destinația bateriei de acumulatoare din PA este pentru alimentarea circuitelor de protecție a feederelor de 5 kV. Din momentul legării circuitului de semnalizare a iluminatului străzilor, orice defecțiune survenită pe această cale (scurtcircuit, punere la pămînt etc.) influențează nefavorabil funcționarea protecției.

b) S-au constatat cazuri de nefuncționare a releelor de semnalizare din cauza variațiilor de tensiune ale bateriei din PA ; astfel au fost cazuri cînd ele nu funcționau chiar la 20 V (24 V fiind tensiunea nominală).

c) În circuitele secundare ale centralelor și stațiilor electrice cărora le sînt destinate releele de semnalizare cu clapetă, acestea au un regim redus de funcționare. Iluminatul străzilor necesită minimum două acționări pe zi, iar în cazul că se mai fac și alte probe, numărul lor crește pînă la aproximativ o mie pe an. Prisma triunghiulară de ghidare se uzează repede, fapt care a dus la scoaterea din funcțiune a mai multor relee în mai puțin de un an de funcționare.

d) Montarea acestora pe panourile din camera de comandă a stațiilor implică dificultăți din cauza lipsei de spațiu și a greutății de a lucra într-o instalație în funcțiune.

e) Releele cu clapetă asigură semnalizarea acustică doar la stingerea iluminatului.

f) Pentru funcționarea releelor la 24 V trebuie modificată bobina electromagnetului, care de obicei este dimensionată pentru 48 V sau 220 V. Aceasta reprezintă un consum suplimentar de material și manoperă.

g) Releul de semnalizare cu clapetă utilizat se aduce din străinătate.

2. Instalația de telesemnalizare cu selecție prin polaritate.

Deoarece instalația cu selecție prin amplitudine prezintă dezavantajele arătate, s-a trecut la realizarea altei scheme bazate pe selecția prin polaritate, menită să asigure același scop, dar în condiții mult ameliorate. Schema de principiu a unei asemenea instalații este arătată în figura 4 și conține următoarele elemente :

$1S$, $2S$, $1S_1$, $2S_1$ — diode cu seleniu 36 × 26 mm. $R_i = 40\,000\ \Omega$ $R_d = 7\ \Omega$;
C_1, C_2 — condensatoare 50μ F 40 V ;
A, B, Z, — relee electromagnetice 24 V 1 000 Ω ;
L_1, L_2 — lămpi de semnalizare 48 V 0,045 A ;
K_1, K_2 — chei telefonice cu o direcție :
S — sonerie 5 V 0,1 A ;
T — transformator 220/27/5 + 19 + 20 V.

După cum se observă din schema de principiu din figura 4, transformatorul are două înfășurări secundare, una pentru alimentarea releelor și a doua pentru alimentarea circuitelor locale de semnalizare optică și acustică.

Releele A și B sînt legate în același circuit de curent alternativ, iar diodele $1S_1$ și $2S_1$ determină sensibilitatea față de unul din sensurile de parcurgere.

Închiderea unui contact din circuitul diodelor $1S$ și $2S$, aflate în punctul de alimentare, determină apariția în circuit a uneia sau alteia din alternantele necesare, pentru excitarea releului A sau B.

Pentru a pune în evidență modul de funcționare a instalației, presupunem că se închide contactul $1C_t$ o dată cu anclanșarea contactorului.

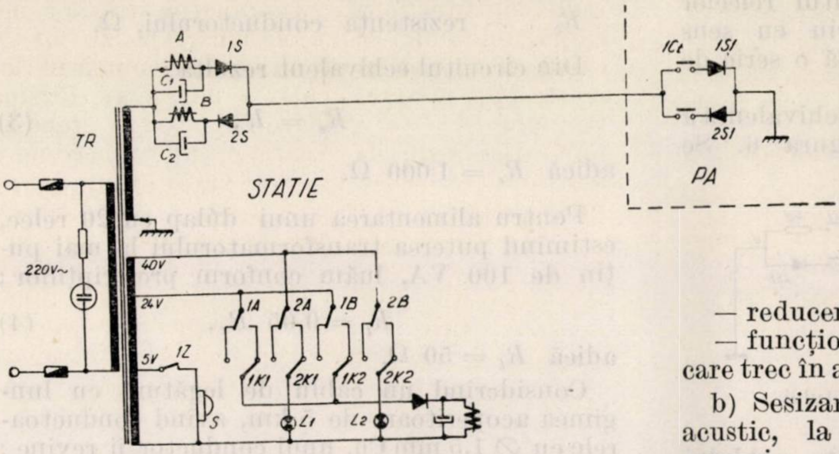


Fig. 4. Schema de principiu a instalației cu selecție prin polaritate.

Din acest moment, $1S$ permite trecerea alternanței pozitive. Circuitul se închide prin $1S_1$ și releul A se excită. De data aceasta,

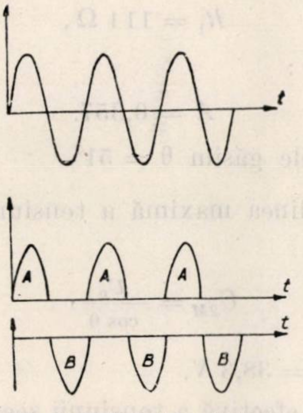


Fig. 5. Principiul selecției prin polaritate.

dioda $2S_1$ opune rezistența inversă la trecerea curentului și practic nu conduce. Releul B va fi străbătut de un curent foarte mic, la care este insensibil.

Contactul $1A$ va bascula și lampa L_1 se va aprinde, indicînd aprinderea iluminatului. Simultan, contactul $2A$ închide circuitul releului Z prin contactele căruia se pune în funcțiune soneria S. Personalul din camera de comandă ia cunoștință de modificarea survenită în instalație și mută cheia K_1 spre stînga. Soneria se oprește, lampa se stinge și se pregătesc circuitele pentru semnalizarea stingerii iluminatului.

În momentul stingerii, din orice motive, fenomenele decurg în sens invers, pornind de la dezexcitarea releului A. Funcționarea releului B este similară cu aceea a releului A.

Instalația prezintă următoarele avantaje în comparație cu cea existentă :

a) Schema permite, printr-un număr redus de circuite fizice, transmiterea distinctă a mai multor semnalizări, printre care:

— poziția contactorului pentru iluminatul public ;

— arderea siguranțelor de pe cablurile distribuitoare ;

— funcționarea dispozitivelor de reaprindere automată a iluminatului public ;

— reducerea parțială a iluminatului public ;

— funcționarea unor alte ramuri ale cascadei care trec în apropierea unui punct de alimentare.

b) Sesizarea informațiilor se face optic și acustic, la schimbarea situației în ambele sensuri.

c) Instalația este complet independentă de celelalte instalații din camera de comandă sau din punctul de alimentare.

d) Elementele instalației nu sînt susceptibile la uzură în timpul funcționării, prezentînd astfel o mare sensibilitate.

e) Instalația permite verificarea cu ușurință a lămpilor de semnalizare și schimbarea lor în timpul zilei, scînd iluminatul străzilor nu funcționează.

f) Alimentarea instalației se face în curent alternativ de la un tablou central, nemaifiind necesare bateriile de acumulatoare răspîndite în diferite puncte de alimentare și dispărînd astfel inconvenientele legate de acestea.

g) Consumul de materiale și manoperă este mult mai redus, realizîndu-se la o unitate semnalizată o economie de circa 1 000 lei față de soluția anterioară.

h) Sistemul acesta permite reducerea substanțială a duratei întreruperilor în cazul unui defect în cascadă. Astfel, dacă pînă în prezent la sistemul cu selecție prin amplitudine era necesară o întrerupere de circa 10 s pînă la intrarea în funcțiune a reaprinderii automate, pentru a se putea detecta prin semnalizare existența unui defect în circuitul din amonte, semnalizarea distinctă a acestei scheme exclude necesitatea unei pauze. Datorită inerției mecanice a contactorului, s-a reușit a se elimina total întreruperea circuitului din aval în cazul dispariției tensiunii din amonte, care alimentează bobina contactorului. Această reducere a întreruperilor este deosebit de importantă pentru lămpile cu vapori de mercur, la care după cum se știe reaprinderea durează circa 10 min.

Instalația nu este legată de modul de comandă a iluminatului străzilor, putînd fi folosită și în cazul telecomenzii circulare sau a altor sisteme.

3. Realizarea constructivă a instalației de semnalizare cu selecție prin polaritate

Analizînd fenomenele din circuitul releelor la trecerea unui curent pulsatoriu cu sens determinat, se pot pune în evidență o serie de aspecte caracteristice instalației.

Pentru o alternanță, schema echivalentă a circuitului este prezentată în figura 6. Se remarcă ansamblul *ab* și rezistența cablului R_c, care prezintă conductanțe egale în ambele sensuri de parcurgere. În schema dată, dioda $1S$ determină care din alternanțe va trece și deci care din relee va funcționa, dioda lucrînd ca redresoare a unei singure alternanțe. Caracteristic ansamblului este comportarea diferită în funcție de sensul în care este parcurs de curent.

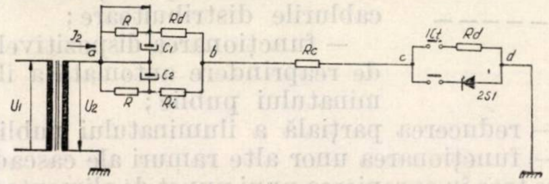


Fig. 6. Schema echivalentă a circuitului.

Aceasta fiind situația, în funcție de caracteristicile releului ($U_0 = 24$ V; $I_0 = 0{,}024$ A), se pot determina tensiunea de alimentare, puterea transformatorului de alimentare, caracteristicile diodelor cu seleniu și ale condensatoarelor.

Pentru ușurința calculului se poate admite la început ipoteza că impedanța secundarului transformatorului este neglijabilă față de sarcină și se consideră capacitatea de intrare infinită, adică se admite că tensiunea U_0 de la bornele condensatorului este constantă.

În acest caz, curentul care trece prin diodă are aspectul unor impulsuri simetrice sinusoidale, cu un unghi de deschidere θ bine determinat. Cu ajutorul acestuia se pot determina toate elementele necesare. Unghiul θ este unghiul de fază corespunzător jumătății timpului de trecere a curentului prin diodă și se determină din tabele cu ajutorul relației (1), în care A este un coeficient auxiliar cu valoarea:

$$A = \pi \frac{R_1}{R_e}, \tag{1}$$

unde:

R_1 este rezistența internă a redresorului, Ω;

R_e — rezistența echivalentă a sarcinii, Ω.

În cazul nostru:

$$R_1 = R_t + 2R_d + R_c, \tag{2}$$

unde:

R_t — rezistența înfășurărilor transformatorului raportate la secundar, Ω;

R_d — rezistența directă a diodei redresoare, Ω;

R_c — rezistența conductorului, Ω.

Din circuitul echivalent rezultă:

$$R_e = R, \tag{3}$$

adică $R_e = 1\,000\ \Omega$.

Pentru alimentarea unui dulap cu 20 relee, estimînd puterea transformatorului la mai puțin de 100 VA, luăm conform prescripțiilor;

$$R_t = 0{,}05\ R_e, \tag{4}$$

adică $R_t = 50\ \Omega$.

Considerînd un cablu de legătură cu lungimea acoperitoare de 5 km, avînd conductoarele cu $\varnothing$ 1,5 mm Cu, unui conductor îi revine:

$$R_c = 50\ \Omega.$$

Dioda $2S_1$ opune rezistența inversă R_i. Aceasta, fiind în serie cu releul B, influențează prea puțin rezistența echivalentă a ansamblului *ab* și prezența ei se poate neglija.

Din relație (2) rezultă:

$$R_1 = 114\ \Omega,$$

iar din (1):

$$A = 0{,}357.$$

Din tabele găsim $\theta = 51°$.

Amplitudinea maximă a tensiunii secundare va fi:

$$U_{2M} = \frac{U_0}{\cos\theta}, \tag{5}$$

adică $U_{2M} = 38{,}3$ V.

Valoarea efectivă a tensiunii secundare este:

$$U_2 = \frac{U_{2M}}{2}, \tag{6}$$

deci $U_2 = 27{,}2$V.

Valoarea maximă a impulsului care trece prin diodă va fi deci:

$$i_{2M} = I_0 F. \tag{7}$$

Din tabele rezultă $F = 5{,}45$ pentru $\theta = 51°$, deci:

$$i_{2M} = 131\ \text{mA}. \tag{8}$$

Pentru o bună siguranţă în funcţionare, suprafaţa diodei se calculează în funcţie de i_{2M}. Admiţînd o densitate de curent $j = 25$ mA/cm², rezultă o suprafaţă a diodei :

$$s = \frac{i_{2M}}{j_2},$$

deci $s = 5{,}2$ cm².

Deoarece ansamblul *ab* este la fel de conductibil în ambele sensuri, rezultă că la redresare participă efectiv doar dioda 1*S*.

Tensiunea U_2 este de 27,5 V, deci, pentru a nu depăşi limita de 15V pe element, dioda 1*S* va fi compusă din două elemente legate în serie.

Condensatorul de intrare, în realitate, are o capacitate finită, şi datorită acestei cauze tensiunea U_0 de la bornele releului are pulsaţii în formă de dinţi de ferăstrău (fig. 7) cu o frecvenţă egală cu cea a reţelei de alimentare. Definind coeficientul de pulsaţie ca raportul dintre jumătatea variaţiei totale a tensiunii în dinţi de ferăstrău şi tensiunea medie U_0 (după Smirenin), acesta devine :

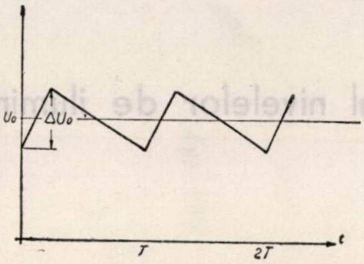


Fig. 7. Tensiunea la bornele condensatorului.

$$U_p = \frac{\Delta U_0}{2U_0} 100, \tag{9}$$

unde ΔU_0 este variaţia de tensiune.

Sau, în funcţie de elementele circuitului :

$$U_p = \frac{50}{f R_e C}\left(1 - \frac{\theta}{180}\right), \tag{10}$$

în care :

f este frecvenţa, Hz ;

C — capacitatea condensatorului, µF.

Tensiunea de revenire a releului este cu 40 ÷ 50% mai mică de U_0. Pentru excluderea vibraţiilor armăturii mobile, se alege $U_p = 20\%$, obţinîndu-se astfel

$$C = \frac{50}{f R_e U_p}\left(1 - \frac{\theta}{180}\right), \tag{11}$$

deci $C = 35$ µ F.

Se alege valoarea imediat superioară, adică 50 µF.

Dimensionarea transformatorului se face în ipoteza cea mai dificilă, şi anume în situaţia că toate releele sînt sub tensiune şi admiţînd pentru lămpile de semnalizare un coeficient de simultaneitate $k_s = 0{,}5$.

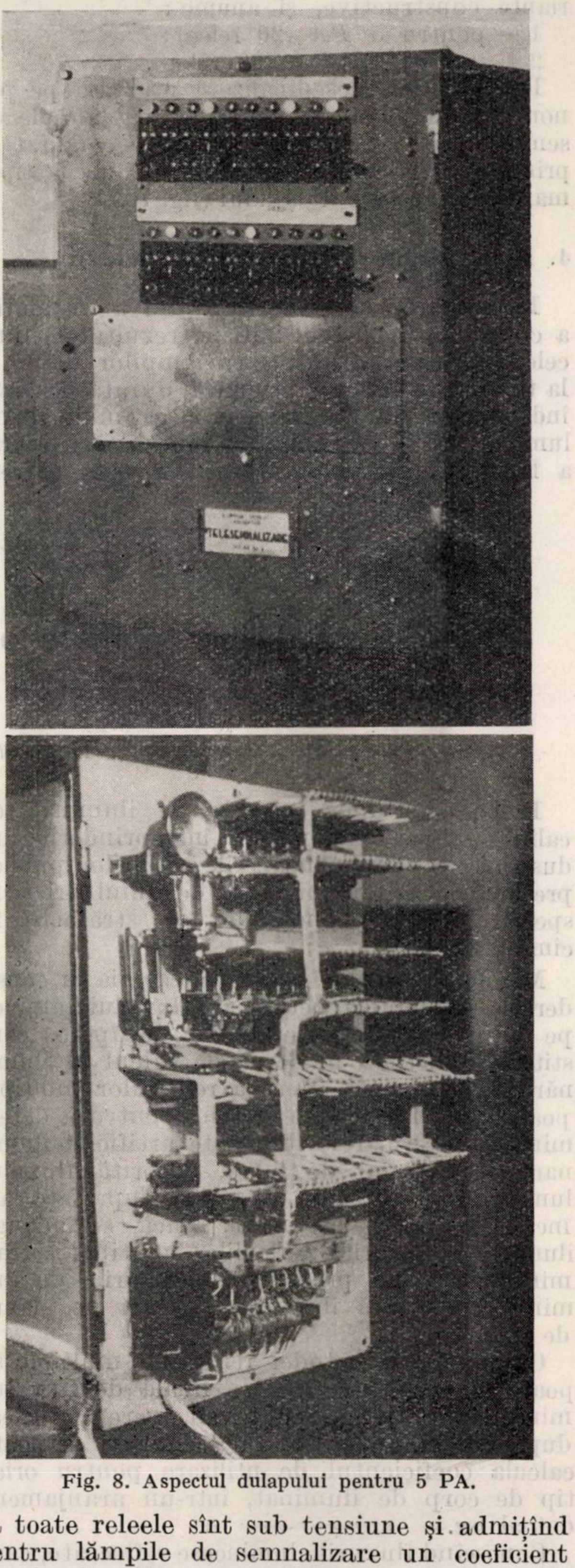


Fig. 8. Aspectul dulapului pentru 5 PA.

Numărul PA cuprinse de stațiile de distribuție este variabil și depinde de zona alimentată de acestea. Din acest motiv, dulapurile de telesemnalizare sînt realizate în două variante constructive, și anume:

1 — pentru 5 PA (20 relee);
2 — pentru 15 PA (60 relee).

Dulapul de telesemnalizare prezintă pe panoul frontal cheile comutatoare și lămpile de semnalizare. Accesul la relee este asigurat la primul tip printr-o trapă frontală, iar la tipul mare prin spatele dulapului (fig. 8).

4. Rezultate de exploatare și concluzii

Exploatarea timp de șase luni a instalației a confirmat ipotezele inițiale, rezultatele fiind cele așteptate. Alimentarea lămpilor de 48 V la tensiunea de 44 V asigură o durată de viață îndelungată, fără a micșora prea mult fluxul luminos. Ca o consecință a funcționării scurte a lămpilor, pericolul arderii lor este extrem de redus. De asemenea, reglajul inițial al releelor se păstrează fără a mai necesita intervenții speciale.

Bibliografie

[1] Smirenin, B. A. *Spravocinik po radiotehnike* (Manual de radiotehnică). Gosenergoizdat, Moskva, 1950, p. 501—517.

[2] Penescu, C. *Automatica și telemecanica sistemelor energetice*, vol. III. Ed. Academiei R. P. R., București, p. 34—43.

[3] Kaganov, I. I. *Elektronnie i ionnîe preobrazovatel* (Mutatori ionici și electronici), vol. I. Gosenergoizdat, Moskva 1950, p. 112—134.

[4] Soloviev, I. I. *Avtomatizațiia energheticeskii sistem* (Automatizarea sistemelor energetice). Gosenergoizdat, Moskva 1950, p. 216—240.

[5] Cătuneanu, V. M., Buznea, D. D. și Statnic, E. A. *Semiconductoarele în telecomunicații*. Editura tehnică, București, 1962, p. 251—267.

[6] Gheorghiu, C. și Gheorghiu, M. *Semiconductoarele în industrie.* Editura tehnică, București, 1961, p. 25—33.

Metoda reflexiilor multiple pentru calculul nivelelor de iluminări și al strălucirilor

Ing. *NATHAN ROSENBERG*

Elaborarea unor proiecte de iluminat de calitate superioară pentru întreprinderile industriale și pentru încăperile clădirilor publice presupune calculul nivelelor de iluminări și în special calculul rapoartelor de străluciri în cîmpul vizual.

Metoda reflexiilor multiple, care ia în considerație reflexiile repetate ale fluxului luminos pe diversele suprafețe dintr-o încăpere, constituie o metodă modernă de calcul al iluminării și strălucirii. Metoda reflexiilor multiple poate fi utilizată, de exemplu, pentru a determina în interioarele iluminate artificial iluminarea pe planul de lucru, datorită fluxului luminos reflectat de diversele suprafețe ale încăperii, presupuse mate. Dacă se adaugă iluminarea datorită reflexiilor multiple la iluminarea directă produsă de corpurile de iluminat, se capătă iluminarea totală pe planul de lucru.

Cu ajutorul metodei reflexiilor multiple se poate determina cantitatea finală de flux luminos care ajunge pe tavan, pereți, podea, după reflexii repetate. De asemenea se poate calcula coeficientul de utilizare pentru orice tip de corp de iluminat, într-un aranjament dat al lor.

Cunoscînd fluxurile luminoase reflectate, care ajung pe diverse suprafețe, se poate calcula strălucirea lor, și deci rapoartele de strălucire din cîmpul vizual.

Metoda reflexiilor multiple nu ține seamă de comportarea și influența suprafețelor care nu sînt mate. De asemenea, metoda reflexiilor multiple neglijează influența mobilierului și a ocupanților încăperii, metoda referindu-se la încăperea goală. În mod normal acest lucru nu influențează prea mult rigurozitatea metodei, efectul mobilierului fiind de aproximativ 5%.

În cele ce urmează se face o expunere simplificată a metodei reflexiilor multiple, dîndu-se formule care permit calculul rapid al iluminării, strălucirii și coeficientului de utilizare. Notațiile utilizate sînt următoarele, indicii 1, 2, 3, 4 referindu-se la tavan, pereți, podea și planul de lucru:

F_t — fluxul luminos total, emis de totalitatea lămpilor din încăpere;
F_c — fluxul luminos al unui corp — de iluminat;
F_l — fluxul luminos al lămpilor dintr-un corp de iluminat;
F_1 — fracțiunea din F_t ce ajunge direct pe plafon;

F_2 — fracțiunea din F_t ce ajunge direct pe pereți;

F_3 — fracțiunea din F_t ce ajunge direct pe podea;

F_4 — fluxul direct de la corpurile de iluminat, pe planul de lucru;

R_1, R_2, R_3 — factorii de reflexie ai tavanului, pereților, podelei;

a — coeficient indicînd fracțiunea de flux luminos din F_t care este reflectat prima oară de tavan, pereți, podea;

R_m — factor mediu de reflexie a tuturor suprafețelor din încăpere;

S_1 — suprafața tavanului;

S_2 — suprafața pereților;

S_3 — suprafața podelei;

F_r — suma primului flux luminos reflectat și a fluxurilor luminoase reflectate ulterior de tavan, pereți, podea;

E_r — iluminarea medie datorită reflexiilor multiple;

B_1, B_2, B_3 — strălucirile totale ale tavanului, pereților, podelei;

n — numărul total de corpuri de iluminat;

E — iluminarea totală pe planul de lucru;

η — randamentul luminos al unui corp de iluminat.

Cantitatea totală de flux luminos reflectat prima oară va fi o fracțiune a din F_t, conform ecuației:

$$aF_t = F_1 R_1 + F_2 R_2 + F_3 R_3. \tag{1}$$

Deoarece se presupune că toate suprafețele sînt mate, aF_t va fi uniform distribuit în întreaga încăpere, și cantitatea de flux luminos, reflectată a doua oară, va fi:

$$aF_t R_m,$$

în care R_m are expresia:

$$R_m = \frac{S_1 R_1 + S_2 R_2 + S_3 R_3}{S_1 + S_2 + S_3}. \tag{2}$$

A treia reflexie a fluxului luminos va fi dată de expresia: $aF_t R_m R_m^2$.

Suma tuturor fluxurilor luminoase reflectate ulterior va fi:

$$F_r = aF_t (1 + R_m + R_m^2 + R_m^3 + \ldots) \tag{3}$$

Aplicînd suma progresiei geometrice cu rația subunitară, găsim:

$$F_r = aF_t \frac{1}{1 - R_m} = \frac{F_1 R_1 + F_2 R_2 + F_3 R_3}{1 - R_m}. \tag{3'}$$

Iluminarea medie datorită reflexiilor multiple va fi:

$$E_r = \frac{F_r}{S} = \frac{F_1 R_1 + F_2 R_2 + F_3 R_3}{S(1 - R_m)}, \tag{4}$$

în care s-a notat cu S:

$$S = S_1 + S_2 + S_3.$$

Prin simple transformări algebrice se găsește:

$$S(1 - R_m) = S\left(1 - \frac{S_1 R_1 + S_2 R_2 + S_3 R_3}{S_1 + S_2 + S_3}\right) =$$

$$= S_1(1 - R_1) + S_2(1 - R_2) + S_3(1 - R_3).$$

Formula finală pentru E_r devine:

$$E_r = \frac{F_1 R_1 + F_2 R_2 + F_3 R_3}{S_1(1 - R_1) + S_2(1 - R_2) + S_3(1 - R_3)}. \tag{4'}$$

Ecuația (4′) constituie formula de bază a metodei reflexiilor multiple.

Pentru obținerea strălucirilor medii reflectate B_m ale suprafețelor individuale, se utilizează formulele:

$$\begin{aligned} B_{m1} &= E_r R_1 \quad [\text{asb, lx}] \text{ pentru tavan;} \\ B_{m2} &= E_r R_2 \quad [\text{asb, lx}] \text{ pentru pereți;} \\ B_{m3} &= E_r R_3 \quad [\text{asb, lx}] \text{ pentru podea.} \end{aligned} \tag{5}$$

Pentru a obține strălucirile totale ale tavanului, pereților și podelei, utilizăm formulele:

$$\begin{aligned} B_1 &= B_{m1} + \frac{F_1}{S_1} R_1 = R_1\left(\frac{F_1}{S_1} + E_r\right); \\ B_2 &= B_{m2} + \frac{F_2}{S_2} R_2 = R_2\left(\frac{F_2}{S_2} + E_r\right); \\ B_3 &= B_{m3} + \frac{F_3}{S_3} R_3 = R_3\left(\frac{F_3}{S_3} + E_r\right). \end{aligned} \tag{6}$$

În formulele (6), dacă fluxurile luminoase sînt date în lumeni, E_r în luxi și suprafețele în m², atunci strălucirile se capătă în apostilbi. Se reamintește că:

$$1 \text{ asb} = 0{,}32 \times 10^{-4} \text{ sb}.$$

Notîndu-se cu:

E — iluminarea totală pe planul de lucru, egală cu iluminarea directă produsă de fluxul direct care provine de la corpurile de iluminat pe planul de lucru, plus iluminarea medie reflectată E_r, care poate fi considerată și iluminarea medie reflectată pe planul de lucru;

F_4 — fluxul direct de la corpurile de iluminat care ajunge pe planul de lucru;

avem relația:

$$E = E_r + \frac{F_4}{S_3}, \tag{7}$$

suprafața S_3 a podelei fiind egală cu suprafața planului de lucru.

Formula pentru coeficientul de utilizare u este:

$$u = \frac{\eta E S_3}{F_t}. \tag{8}$$

Înlocuind expresia lui E din (7) în formula (8), găsim:

$$u = \frac{S_3 + E_r\, S_3}{F_t}\, \eta. \tag{9}$$

Pentru aplicarea în practică a formulelor (4′), (6) și (9) trebuie cunoscute fluxurile luminoase F_1, F_2, F_3, F_4.

Pentru aflarea acestor fluxuri s-au propus mai multe metode, dintre care se expune mai jos metoda fluxului luminos divizat, cea mai simplă și care se pretează la un calcul rapid [3].

Se consideră curba polară de distribuție a intensităților luminoase și se face următoarea diviziune a fluxului luminos E_c al unui corp de iluminat:

F_d — fluxul luminos direct;
F_i — fluxul luminos indirect;
F_h — fluxul luminos orizontal.

Componenta orizontală F_h se consideră ca fiind produsă de o distribuție sinusoidală, avînd ca intensitate maximă intensitatea luminoasă orizontală a corpului de iluminat.

Pentru F_d și F_i avem relațiile:

$$\begin{aligned} F_d &= F_{\frown} - \frac{1}{2} F_h; \\ F_i &= F_{\smile} - \frac{1}{2} F_h; \end{aligned} \tag{10}$$

în care:

$F_{\frown}$ este fluxul luminos emis în emisfera superioară;
$F_{\smile}$ — fluxul luminos emis în emisfera inferioară;
$F_{\frown}$ și $F_{\smile}$ se calculează din diagrama zonală a fluxului luminos.

Se fac următoarele notații:

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{F_1}{F_t} \\ g_2 &= \frac{F_2}{F_t} \\ g_3 &= \frac{F_3}{F_t} \\ g_4 &= \frac{F_4}{F_t} \end{aligned} \quad (11) \quad \text{și} \quad \begin{aligned} g &= \frac{F_c}{F_l} \\ g_i &= \frac{F_i}{F_l} \\ g_d &= \frac{F_d}{F_l} \\ g_h &= \frac{F_h}{F_l} \end{aligned} \quad (12)$$

Deoarece $F_i + F_d + F_h = F_c$, rezultă din formulele (12) că și $g_i + g_d + g_h = g$.

Se introduce noțiunea de factor de distribuție al suprafeței, D.

Factorul D de distribuție al suprafeței reprezintă fracțiunile din fluxurile totale directe, indirecte, și orizontale care ajung pe diverse suprafețe.

Astfel:

$D_{1i} = \frac{F_{1i}}{nF_i}$ reprezintă fracțiunea F_{1i} din fluxul total indirect care ajunge pe plafon, n reprezentînd numărul total de corpuri de iluminat.

$D_{1h} = \frac{F_{1h}}{nF_h}$ reprezintă fracțiunea F_{1h} din fluxul total orizontal, care ajunge pe plafon.

Între F_{1i}, F_{1h} și F_1 există relația evidentă:

$$F_{1i} + F_{1_4} = F_1.$$

Pe plafon nu ajunge nici o parte din fluxul direct.

Pentru podea (indice 3) vom avea:

$$D_{3d} = \frac{F_{3d}}{nF_d};$$

$$D_{3h} = \frac{F_{3h}}{nF_h};$$

cu relația $F_{3d} + F_{3h} = F_3$.

Pe podea nu avem componentă indirectă.

Pentru planul de lucru (indice 4) avem:

$$D_{4d} = \frac{F_{4d}}{nF_d};$$

$$D_{4h} = \frac{F_{4h}}{nF_h};$$

cu relația $F_{4d} + F_{4h} = F_4$.

Pe planul de lucru nu avem componentă din fluxul indirect.

Pentru g_1, g_3, g_4 există relațiile:

$$\begin{aligned} g_1 &= g_i\, D_{1i} + g_h\, D_{1h}; \\ g_3 &= g_d\, D_{3d} + g_h\, D_{3h}; \\ g_4 &= g_d\, D_{4d} + g_h\, D_{4h}. \end{aligned} \tag{13}$$

Într-adevăr:

$$g_i D_{1i} + g_h D_{1h} = \frac{F_i}{F_l} \cdot \frac{F_{1i}}{nF_i} + \frac{F_h}{F_l} \cdot \frac{F_{1h}}{nF_h} = \frac{F_1}{F_t} = g_1,$$

deoarece: $nF_l = F_t$.

În mod similar se demonstrează și celelalte două relații din (13). Cunoscînd pe g_1, g_3, g_4, cu relațiile (11) se calculează F_1, F_3, F_4, iar

F_2 se calculează scăzînd suma $F_1 + F_3$ din fluxul total al corpurilor de iluminat, nF_c :

$$F_2 = nF_c - (F_1 + F_c). \qquad (14)$$

Factorii D de distribuție ai suprafeței depind de curba polară de distribuție a intensităților luminoase a corpului de iluminat și de înălțimea de suspendare și distanțele dintre corpurile de iluminat.

În ceea ce privește curba polară, au fost construite 14 curbe pentru diferite tipuri de distribuție directă de flux luminos, de la o repartiție concentrată pînă la o repartiție foarte largă a fluxului luminos. De asemenea s-a construit o curbă pentru distribuția cosinusoidală a fluxului indirect.

Curba pentru distribuția directă este determinată cu ajutorul factorului RF (raport de flux) :

$$RF = \frac{F_{40^\circ} - 0{,}64\, I_{90^\circ}}{F_d}, \qquad (15)$$

în care :

F_{40° este fluxul luminos al corpului de iluminat, cuprins între 0 și 40° ;
I_{90° — intensitatea luminoasă orizontală a corpului de iluminat ;
F_d — fluxul direct.

Determinarea factorului D se face și în funcție de un coeficient de suprafață k.

$$k = \frac{d(W + L)}{2\,WL}, \qquad (16)$$

în care :

d este distanța perpendiculară între planul corpurilor de iluminat și suprafața de referință (plafon, podea etc.) ;
WL — lățimea și lungimea încăperii.

În figura 1 se dă o diagramă pentru aflarea lui D.

Curbele din figura 1 au în abscisă coeficientul de suprafață k, iar în ordonată factorul de distribuție D. Pentru componentele directe se utilizează una dintre cele 14 curbe determinate cu ajutorul factorului RF.

Componentele orizontale se determină pe curba însemnată pe diagramă „orizontal (sinus)", iar componentele indirecte pe curba „cosinus".

Diagrama este valabilă pentru valorile raportului între distanțele dintre corpurile de iluminat cuprinse între 0,75 și 1,25.

Pentru alte valori ale raportului s-au construit curbe diferite.

Sistematizarea metodei de calcul este deci următoarea :

a) se stabilește tipul corpurilor de iluminat, numărul lor, amplasarea ;

b) din curba polară și diagrama zonală a fluxului luminos se obține : $F_{\cap}$, $F_{\cup}$, I_{90°, F_{40° ;

c) utilizînd formulele (10), precum și formula clasică pentru o distribuție sinusoidală :

$F_h = \pi^2 I_{90^\circ}$, se calculează : F_d, F_i, F_h ;

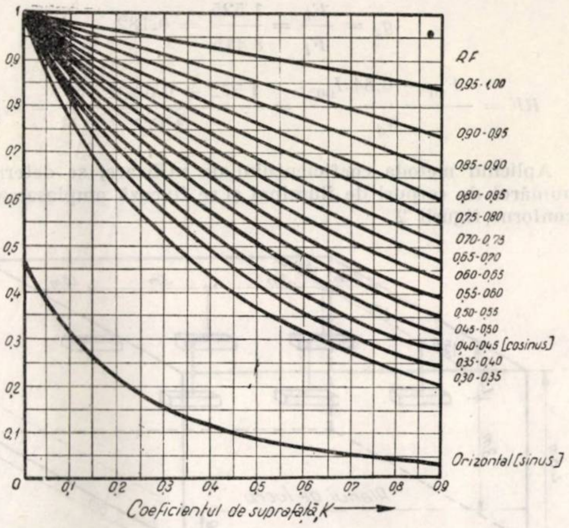


Fig. 1. Diagramă pentru factorul de distribuție al suprafeței, *D*.

d) se calculează cu (12) g_d, g_i, g_h ;

e) se calculează RF și k cu ajutorul formulelor (15) și (16), pentru plafon, podea și planul de lucru ;

f) se caută în diagramă factorii de distribuție ai suprafeței, D.

g) se calculează g_1, g_3, g_4 cu ajutorul formulelor (13) ;

h) se calculează F_1, F_3, F_4 cu formulele (11) ;

i) se calculează F_2 cu formula (14) ;

j) se calculează iluminarea medie, strălucirea diverselor suprafețe și se recalculează coeficientul de utilizare cu formulele (4'), (6) și (9).

Exemplu de calcul

O încăpere necesită o iluminare medie orizontală pe planul de lucru de 370 lx.

Dimensiunile încăperii sînt :

$$L = 9 \text{ m} ; \; W = 6 \text{ m} ; \; H = 4{,}5 \text{ m}.$$

Factorii de reflexie : $R_1 = 0{,}7$; $R_2 = 0{,}5$; $R_3 = 0{,}15$.

Se alege un corp de iluminat semidirect, echipat cu patru tuburi fluorescente de 40 W :

$$F_l = 4\,815 \text{ lm} ; \; F_c = 6\,182 \text{ lm} ; \; g = \frac{F_c}{F_1} = 0{,}735.$$

Din curba polară și diagrama zonală a fluxului luminos rezultă :

$$I_{90^\circ} = 150 \text{ cd} \qquad F_{\cap} = 3\,917 \text{ lm}$$

$$F_{40^\circ} = 1\,572 \text{ lm} \qquad F_{\cup} = 2\,265 \text{ lm}$$

$$F_h = \pi^2 I_{90^\circ} = 1\,480 \text{ lm}$$

$$F_i = F_{\cup} - \frac{1}{2} F_h = 1\,525 \text{ lm}$$

$$F_d = F_{\cap} - \frac{1}{2} F_h = 3\,177 \text{ lm}.$$

Rezultă:

$$g_h = \frac{F_h}{F_l} = \frac{1\,480}{8\,415} = 0{,}176$$

$$g_d = \frac{F_d}{F_l} = \frac{3\,177}{8\,415} = 0{,}377$$

$$g_i = \frac{F_i}{F_l} = \frac{1\,525}{8\,415} = 0{,}182$$

$$RF = \frac{F_{40^\circ} - 0{,}64\, I_{90^\circ}}{F_d} = \frac{1\,572 - 0{,}64 \times 150}{3\,177} = 0{,}465.$$

Aplicînd metoda coeficientului de utilizare, se determină numărul de corpuri de iluminat și se fixează amplasarea lor, conform figurii 2.

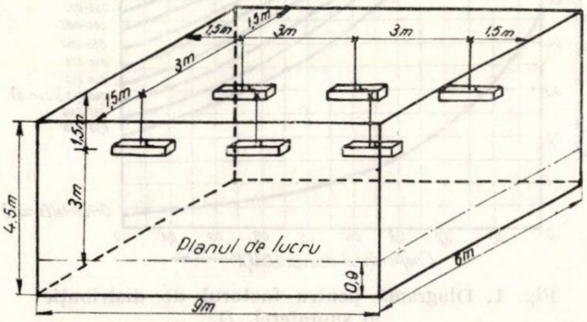


Fig. 2. Desen explicativ pentru exemplul de calcul.

Pentru încăperea respectivă și înălțimea de suspendare aleasă rezultă: $u = 0{,}38$.

Se calculează:

$$K_1 = \frac{1{,}5\,(9 + 6)}{2 \times 9 \times 6} = 0{,}208 \quad \text{pentru plafon;}$$

$$K_3 = \frac{3\,(9 + 6)}{2 \times 9 \times 6} = 0{,}416 \quad \text{pentru podea;}$$

$$K_4 = \frac{2{,}1 \times 15}{2 \times 9 \times 6} = 0{,}293 \quad \text{pentru planul de lucru.}$$

Se utilizează diagrama din figura 1 pentru obținerea factorilor D.

Pentru tavan

Utilizînd curba „cosinus" pentru distribuția indirectă și pentru $k_1 = 0{,}208$, rezultă $D_{1i} = 0{,}705$.

Utilizînd curba „orizontal", rezultă $D_{1h} = 0{,}208$.

Pentru podea

Pentru $k_3 = 0{,}416$ și curba „orizontal", $D_{3h} = 0{,}112$.

Pentru $RF = 0{,}45 - 5$ și $k_3 = 0{,}416$ rezultă $D_{3d} = 0{,}560$.

Pentru planul de lucru

$D_{4d} = 0{,}660$ pentru $RF = 0{,}45 - 0{,}5$ și $k_4 = 0{,}929$.

$D_{4h} = 0{,}160$ pentru $k_4 = 0{,}292$ (curba „orizontal").

Din formulele (13) rezultă:

$g_1 = 0{,}165$;
$g_3 = 0{,}231$;
$g_4 = 0{,}277$.

Din formulele (4′), (6), (7) și (11) rezultă:

$F_1 = 8\,340$ lm;
$F_3 = 11\,680$ lm;
$F_4 = 14\,000$ lm;
$F_2 = 6 \times 6\,182 - (8\,340 + 11\,680) = 17\,080$ m;
$E_r = 120$ lx;

$$B_1 = R_1\left(\frac{E_1}{S_1} + E_r\right) = 188 \text{ asb};$$

$B_2 = 121$ asb;
$B_3 = 50$ asb;

$$E = \frac{F_4}{S_4} + E_r = 332 \text{ lx};$$

$$u' = \frac{ES_4}{F_t} = 0{,}41.$$

Valoarea u' recalculată este superioară lui u, dar corespunde cu valoarea calculată a coeficientului de utilizare prin metoda recomandată de *IES*.

În concluzie, metoda de calcul expusă permite în mod practic calculul rapid și comod al rapoartelor de străluciri din cîmpul vizual pentru un aranjament dat al corpurilor de iluminat, precum și calculul nivelelor de iluminări, luînd în considerație reflexiile repetate ale fluxului luminos pe diversele suprafețe din încăpere.

Bibliografie

[1] Hopkinson R. *The Indirect Component of Illumination in Artificially-lit. Interiors* (*Componenta indirectă a iluminării în interioarele iluminate artificial*). În: Light and Lighting, **48**, nr. 9, 1955, p. 315.

[2] Epaneşnikov, M. *Rasciot osvetitelnîh ustanovoh s ucetom mnogokratnîh otrajenii* (*Calculul instalațiilor de iluminat ținînd seamă de reflexiile repetate*). În: Svetotehnika , nr. 1, 1959, p. 3–8.

[3] Croft, R. *Surface Distribution Factors and the Split Flux Method* (*Factori de distribuție ai suprafeței și metoda fluxului divizat*). În: Light and Lighting, **49**, nr. 10, 1956, p. 288–290.

[4] Dresler, A. *Interreflection, a Practical Guide for Lighting Design* (*Reflexiile repetate, un ghid practic pentru proiectare în iluminat*). În: Light anf Lighting, **50**, nr. 8, 1957, p. 214–217.

Iluminatul decorativ urban

Arhitect *ADRIAN OPREA*

Estetica iluminatului

Lumina este o necesitate esențială a vieții omenești. Confruntarea omului cu lumina este unul dintre primele sale contacte cu viața și rămîne unul dintre raporturile fundamentale dintre el însuși și lumea exterioară. În desfășurarea vieții omenești, acest raport nu s-a oprit în limitele cadrului luminos oferit de natură — o necontenită cercetare a dezvoltat mijloace artificiale de iluminat de la creanga de brad aprinsă la sorii artificiali ai lămpilor cu xenon de mare putere. Problemele variate și complexe ale iluminatului artificial, întrebuințarea de mijloace tehnice cu caracteristici diferențiate au necesitat cunoașterea lor ca posibilități și efecte în exploatare, pentru realizarea mediului luminos necesar și specific fiecărui cadru al vieții. Astfel s-a născut tehnica iluminatului — complex de cunoștințe teoretice, tehnice și practice ale acestui domeniu de cercetare, proiectare, execuție și exploatare, tinzînd să realizeze în limetele utilului, corectului și economicului instalații de specialitate.

În paralel cu dezvoltarea „tehnicii iluminatului", dar mult mai tîrziu în timp, atunci cînd posibilitățile tehnice au pus la îndemînă mijloace diverse ca efecte luminoase, a apărut și conceptul de „estetică a iluminatului", astăzi în plină dezvoltare, în curs de a-și preciza conținutul, limitele și posibilitățile.

Estetica iluminatului caută să cuprindă principiile de realizare a imaginilor obținute prin iluminarea obiectelor materiale care să producă percepția frumosului, prin înseși efectele iluminării dirijate de voința omului. Această „frumusețe" a iluminării trebuie căutată în ansamblul factorilor fizici și psihici care condiționează iluminarea și care se repercutează atît în confortul și agrementul persoanelor situate în fața sau în interiorul mediului iluminat, cît și în sentimentele acestor persoane. Se realizează astfel „ambianțe" și „atmosfere" specifice unui iluminat dat care să ducă la confortul și agrementul căutat.

Noțiunile de estetică a iluminatului se raportează la reacții psihice. Astfel putem vorbi de realizarea unui sentiment de bine sau de rău în momentul intrării într-un local bine sau prost iluminat — există impresii diferite care se nasc din obscuritate, din lumină sau din aranjamentul lor în contrast.

Evoluția posibilităților omenești în acest domeniu exercită totodată o schimbare a sensibilității omului în raport cu lumina, care se răsfrînge apoi în pretenții ridicate tehnicii. În acest fel, estetica trebuie să pună probleme tehnicii, care la rîndul ei trebuie să răspundă lor. Estetica va putea astfel să îndrumeze realizările practice în paralel cu indicațiile date acestora de tehnică.

Scopul

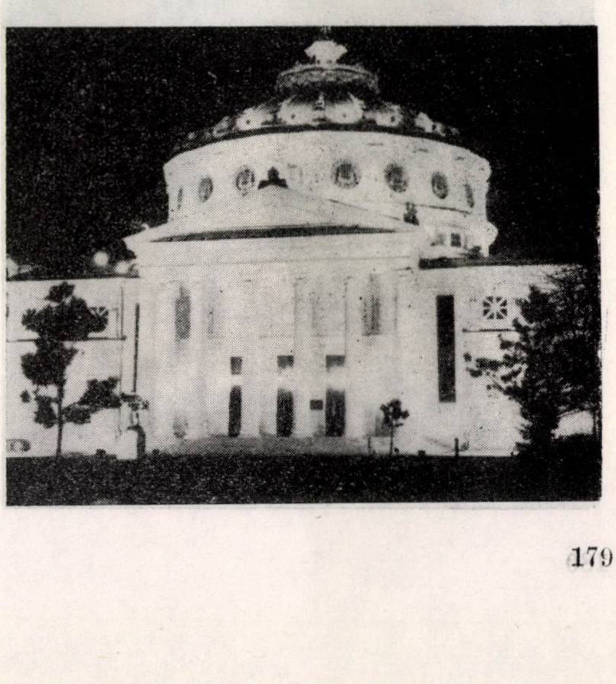
Importanța iluminatului estetic în cadrul orașului apare avînd în vedere faptul că întunericul maschează întreg mediul; dispar astfel toate accentele urbanistice ale orașului, fiind vizibile doar arterele de circulație dotate cu un iluminat util.

Caracterul unui oraș este determinat, în mare măsură, de accentele sale urbanistice ce se realizează prin marile sale monumente, prin degajările arterelor și prin zonele sale verzi. Noaptea șterge toate aceste accente.

Viața unui mare oraș este intensă și noaptea, întrucît cetățenii, după odihna de după-amiază, ies la plimbare sau circulă spre și de la spectacole, vizite etc. Pietonul seara are mai mult timp să meargă mai încet, să privească și să admire frumosul ce-l înconjoară. În acest moment intervine iluminatul special ce scoate din mediul întunecos, evidențiază și îmbogățește ca imagine ceea ce vrem să arătăm cetățeanului sau turistului. Totodată păstrăm avantajul că ceea ce nu interesează sau nu trebuie văzut rămîne în întuneric.

Munca aceasta a dotării orașului cu iluminări speciale aparține deci campaniei generale de înfrumusețare a orașului și de educare a cetățenilor săi.

Fig. 1. Vederea iluminatului special al Ateneului R.P.R.



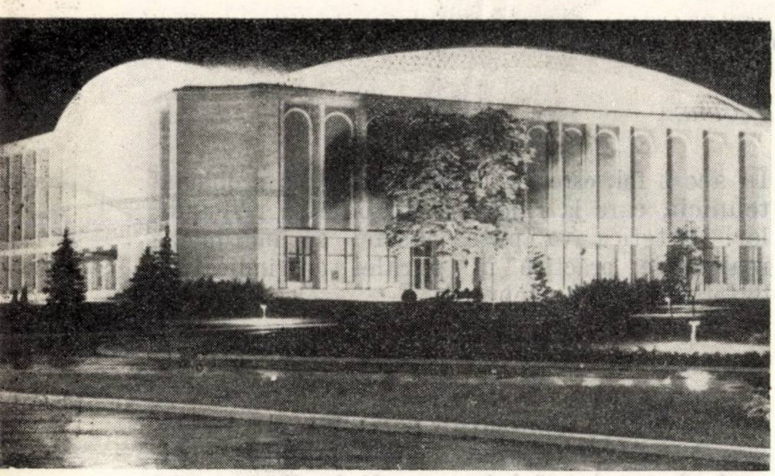
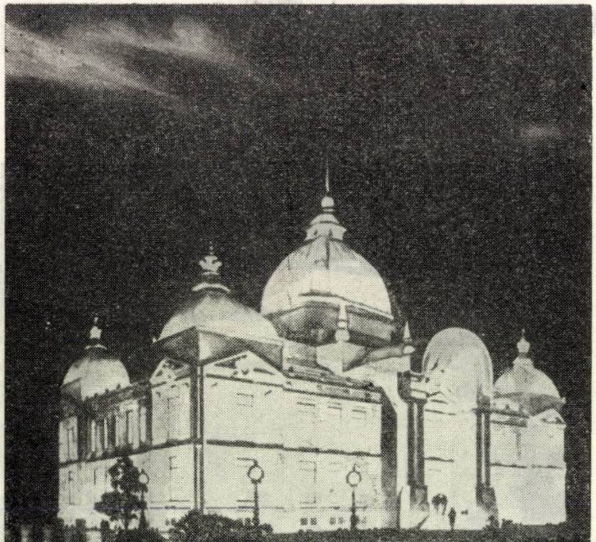


Fig. 2. Vederea iluminatului special al Sălii Palatului R.P.R.

Mijloace

Practica realizărilor estetice a iluminatului întrebuințează calitățile luminii, care sînt: direcția, intensitatea și culoarea. În ultimul timp, acestora li s-a mai adăugat și „mișcarea" luminii, putîndu-se astfel realiza „spectacolele de lumină și spectacolele complexe de sunet, joc scenic și lumină". Aceste calități sînt realizate de lămpile și aparatele speciale pentru iluminat, care trebuie prin calitățile lor tehnice să asigure controlul fluxului lor luminos cît mai precis posibil, să prezinte ușurință și siguranță în reglaj, să reziste la acțiunea mediului de amplasare cît și la efectele exploatării lor, să aibă etanșeitate sau ventilație, precum și rezistență la coroziune și să prezinte toate calitățile optice necesare efectelor scontate.

Fig. 3. Studiul perspectiv al iluminatului special — Palatul C.E.C.



Iluminatul special întrebuințează diferite tipuri de aparate și lămpi ce se pot împărți în trei mari categorii, în funcție de sistemul lor optic și de caracteristicile efectului lor luminos, astfel:

1. *Reflectoarele difuzante cu fascicul luminos larg* se utilizează la iluminatul suprafețelor arhitecturale sau la obiecte de mari dimensiuni de la mică distanță.

Aceste reflectoare, cu un fascicul luminos ce poate ajunge pînă la 2×60°, sînt indicate a fi întrebuințate în special atunci cînd nu avem suficientă distanță pentru bătaia unor baterii de reflectoare, atunci cînd vrem să montăm aparatele chiar pe elementele de arhitectură ale obiectului de iluminat, întrucît cînd avem astfel de deschideri ale fasciculului luminos nu apar pete de lumină. Cu mult succes s-au întrebuințat astfel de aparate la iluminarea tamburului cupolei la Ateneul R.P.R., unde ele au fost montate pe acoperișul clădirii (fig. 1), sau la Sala Palatului R.P.R. pentru iluminarea timpanelor calotei de acoperire (fig. 2). În aceste aparate se pot utiliza toate tipurile de lămpi. Ele sînt indicate pentru distanțe de amplasare față de suprafața ce trebuie iluminată de maximum 18 m.

2. *Reflectoarele cu oglindă*, cu care se obține un unghi luminos cu o deschidere de 2×15° pînă la 2×30°.

Aceste aparate se întrebuințează la iluminarea suprafețelor de la distanță sau razant pe lungime mare. Astfel de aparate s-au întrebuințat la iluminarea fațadei Ateneului R.P.R., la Palatul Marii Adunări Naționale, cît și la alte monumente propuse pentru iluminare (fig. 3 și 4).

În reflectoarele cu oglindă, sursa luminoasă trebuie să fie mică în raport cu dimensiunile reflectorului; pentru aceasta se vor întrebuința lămpi cu filament concentrat. Aparatele de acest tip se pot utiliza pentru distanțe de 40–60 m.

3. *Reflectoarele cu oglindă și fascicul foarte concentrat*. La ele se întrebuințează o oglindă foarte plată, fluxul reflectat fiind deci relativ mic; în schimb, delimitarea suprafeței iluminate este netă, ceea ce pentru iluminarea de la mare distanță constituie o condiție necesară.

În aceste aparate se întrebuințează lămpi cu filament concentrat sau cu o coloană luminoasă foarte scurtă. Reflectoarele cu oglindă și fascicul foarte concentrat se utilizează pentru iluminatul de la mare distanță (mai mult de 100 m), sau pentru iluminarea unor obiecte de mică dimensiune din materiale cu coeficient de reflexie redus.

Astfel de aparate s-au întrebuințat la iluminarea elementelor de coronament de la Ateneul R.P.R., de la palatul Marii Adunări

Naționale (fig. 5), la Casa Scînteii (fig. 6) și la monumente de sculptură.

*

Din punct de vedere al culorii luminii, iluminatul poate fi monocrom sau policrom.

a) *Iluminatul monocrom* poate fi realizat cu lămpi incandescente, lămpi fluorescente sau lămpi cu vapori de mercur și balon fluorescent, lămpi cu vapori de sodiu.

Alegerea felului de iluminat se face în funcție de caracterul obiectului iluminat și în raport cu felul iluminatului mediului înconjurător. În general se va întrebuința spectrul ce se acordă cu culoarea materialului obiectului, sau se va stabili spectrul în contrast cu cel al iluminatului public al mediului.

Spre exemplu, lumina lămpilor cu vapori de sodiu dă frumoase efecte pe fațadele albe sau de culori din familia ocrului. Lumina albastră-verzuie a mercurului este în mod particular indicată iluminării grupurilor de arbori sau a jocurilor de apă. Pentru fațade din cărămidă roșie, sodiul și mercurul sînt contraindicate.

b) *Iluminatul policrom* se utilizează în special la monumentele istorice vechi sau la clădiri peisajist rezolvate cu diverse materiale în finisajul lor sau cu o compoziție jucată de volume.

Se atrage atenția că acest iluminat trebuie să fie întrebuințat rar și în cazuri cu totul excepționale, pe suprafețe limitate ale centrelor de interes în cadrul unor complexe iluminate. Efectul colorat al iluminatului trebuie să apară sub forma unui efect de scurtă durată în timp, sub forma unor jocuri de lumini în mișcare.

*

Alegerea tipului de aparat sau de lampă depinde de forma obiectului luminat și, de asemenea, de anturajul său. Forma se referă la suprafețe ce pot să fie plate sau în relief. În ceea ce privește anturajul, trebuie să examinăm dacă obiectul este izolat sau face parte dintr-un complex, dacă anturajul este format din plantații sau dacă eventual există oglinzi de apă, sau dacă există grile, statui, arbori, parapete etc. susceptibile să se compună în ansamblul sau în silueta iluminată.

*

În ceea ce privește determinarea valorii fluxului luminos ce trebuie realizat pentru iluminare optimă, va trebui să se cunoască natura suprafeței ce trebuie iluminată, să se știe dacă aceasta este deschisă sau închisă la culoare, iar în ceea ce privește reflexia luminii, să se știe dacă este șlefuită sau mată (de exemplu marmoră sau cărămidă).

Obiectele iluminatului special

În cadrul articolului se vor analiza condițiile și aspectele practice ale iluminatului estetic pentru: marile monumente, pentru statui și fîntîni, pentru parcuri și grădini și cîteva date privind spectacolele de sunet și lumină.

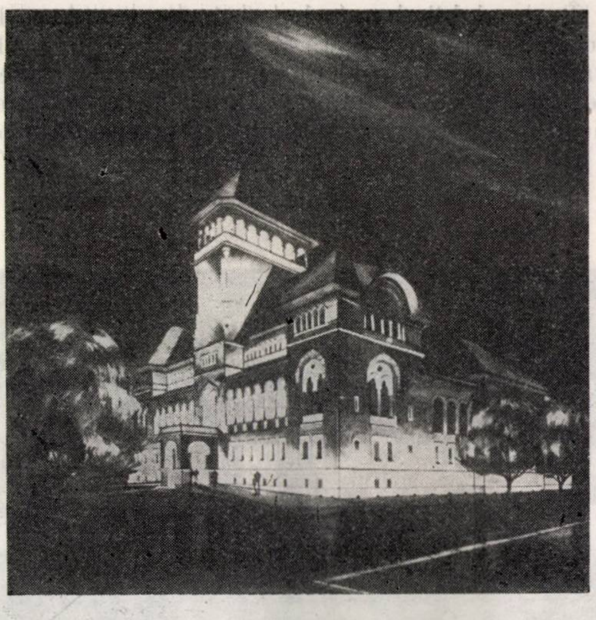
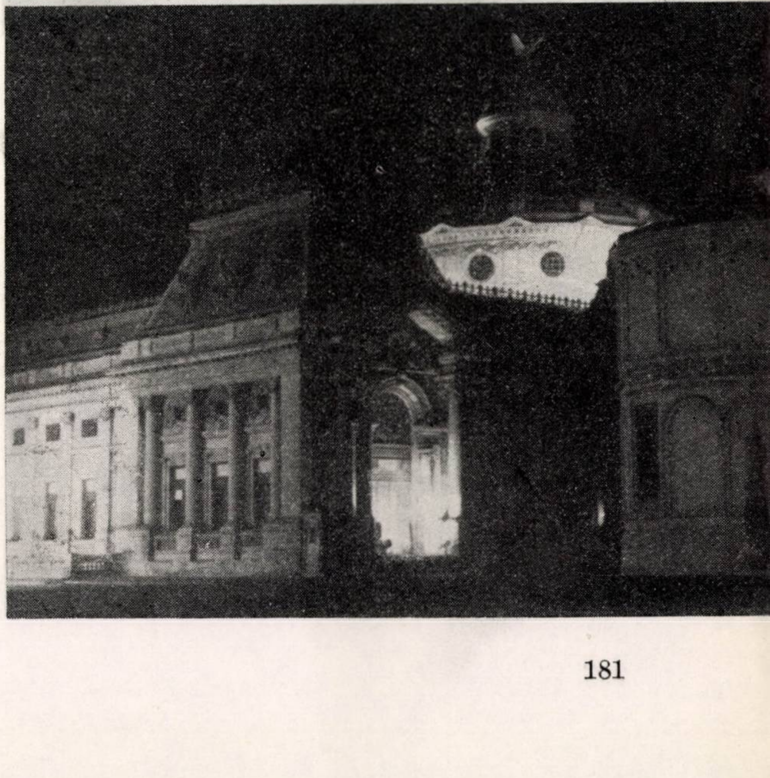


Fig. 4. Studiul perspectiv al iluminatului special — Muzeul de Istorie a P. M. R.

Iluminatul marilor monumente

Pentru iluminarea unor astfel de obiecte, specialistul iluminist trebuie să posede un dezvoltat simț al proporțiilor, pe care el va trebui să le pună în valoare prin iluminat. Totodată el trebuie să cunoască posibilitățile și limitele întrebuințării fiecărui gen de sursă sau optică.

Fig. 5. Vederea iluminatului special al Palatului Marii Adunări Naționale.



În prealabil el va trebui să studieze, pe bază de schiţe, planuri la scară şi perspective, diversele variante posibile de iluminare pentru a putea realiza lumini şi umbre pe obiect care să reliefeze frumuseţi neobişnuite şi neaşteptate pe care lumina zilei nu le lasă să se remarce. Oficierea jocului de lumini şi umbre trebuie să se facă cu simţ artistic, şi nu pentru întreaga suprafaţă sau pentru tot volumul obiectului iluminat. Iluministul va trebui să decidă care părţi rămîn în umbră, care vor fi iluminate viu, care sînt centrele de interes ce trebuie reliefate (fig. 7). Nici într-un caz nu trebuie să se urmărească realizarea unui ,,potop de lumină'', întrucît acesta aplatizează relieful, desfigurează monumentul sau poate chiar să orbească pe privitori. O deosebită grijă trebuie avută pentru modul de amplasare a surselor de lumină ce trebuie mascate în aşa fel încît ele să nu fie vizibile publicului (fig. 8). Pentru marile monumente, alegerea culorii luminii este un lucru foarte important, întrucît ele sînt realizate din materiale diverse cu efecte diverse ; trebuie totuşi să se ţină seamă că, pentru desprinderea monumentului din mediul său, el ar trebui iluminat într-o culoare, pe cît posibil, complimentară faţă de culoarea iluminatului util al mediului.

Fig. 6. Studiul perspectiv al iluminatului special — Casa Scînteii.

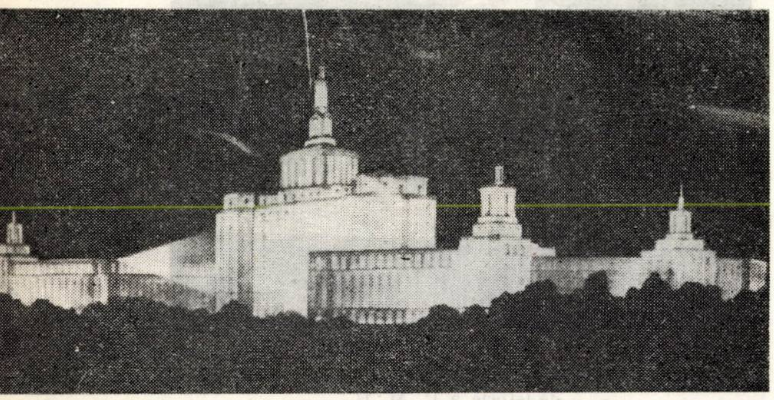


Fig. 7. Studiul perspectiv al iluminatului special — Aeroportul Băneasa.

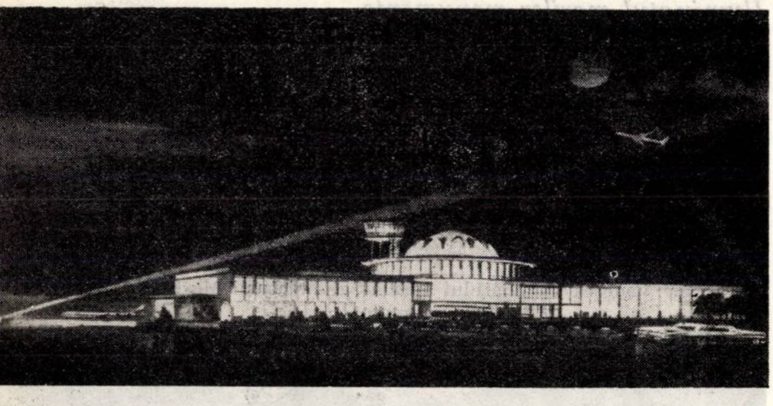
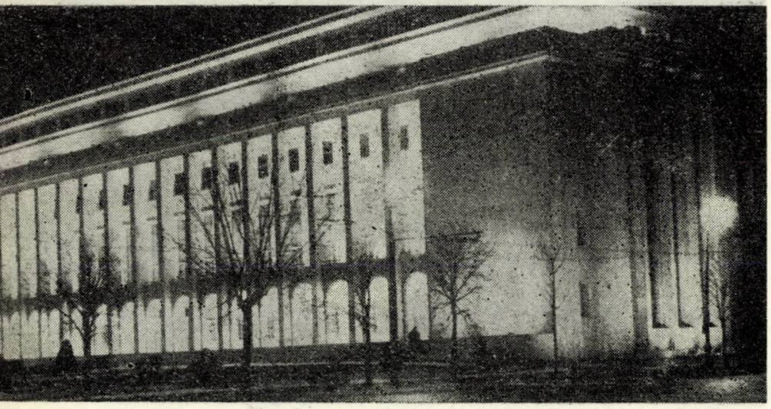


Fig. 8. Vederea iluminatului special al Palatului Preşedinţiei Consiliului de Miniştri.



*

În cazul unui iluminat direcţional apar umbre crude şi totodată dur limitate, care trebuie îndulcite cu proiectoare mai slabe, ale căror fascicule luminoase să facă un unghi de 45° faţă de fasciculele reflectoarelor principale ; efectul luminos al acestora poartă numele de ,,contralumină''.

Direcţia de iluminare a reflectoarelor principale trebuie astfel aleasă, încît unghiul de atac al luminii să realizeze, în raport cu intenţia noastră, reliefuri mai mult sau mai puţin accentuate. În cazul unei suprafeţe cu o decoraţie în basorelief, lumina va trebui să cadă cît mai razant. Un astfel de exemplu îl avem la registrul de onoare al palatului Casei Centrale a Armatei, precum şi la Arcul de Triumf (fig. 9).

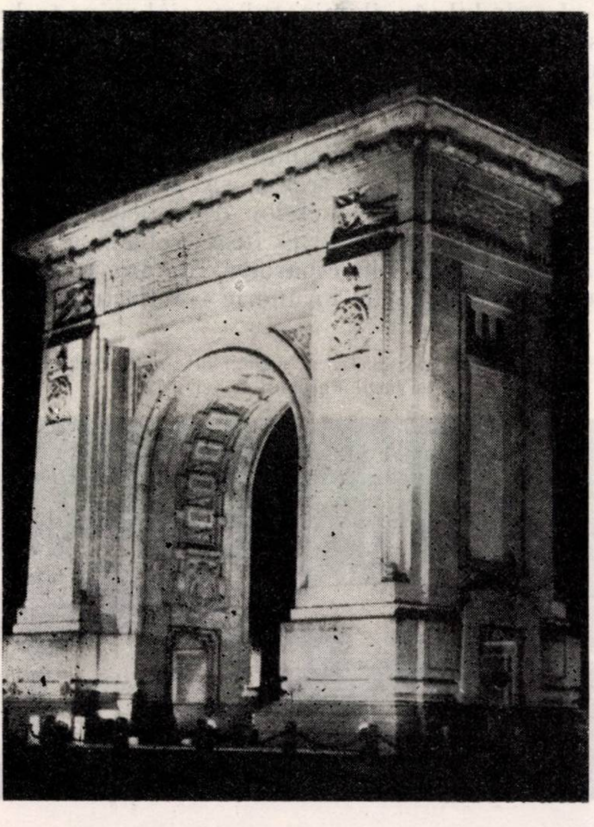
Dacă avem de-a face cu suprafeţe cilindrice decorate în basorelief trebuie să se amplaseze reflectoare de jur-împrejurul acestora cu fasciculul dirijat în acelaşi sens. Un astfel de obiect, dacă nu are decoraţia în basorelief, se va ilumina în general din trei părţi, obţinîndu-se cîte o bandă de umbră verticală între două benzi luminoase, realizîndu-se astfel rotunjirea sa. În cazul că avem de-a face cu un turn sau un volum arhitectural pe verticală, distanţa reflectoarelor de astfel de obiecte trebuie să fie aproximativ egală cu 2/3 din înălţimea obiectului, micşorată eventual prin amplasarea proiectoarelor la înălţime pe acoperişul unei clădiri vecine. În cazul unui turn gros pătrat se iluminează din două sau patru puncte, în aşa fel încît fasciculul luminos al fiecărui punct să fie pentru o suprafaţă fascicul principal de lumină (unghi de aproape 90°), iar pentru altă suprafaţă să cadă razant (contralumină pentru îndulcirea umbrelor purtate).

În cazul unor fațade plate, reflectoarele pot fi amplasate fie în apropierea fațadei, în care caz se utilizează reflectoare difuzante, care vor fi repartizate în mod uniform de-a lungul fațadei (fig. 10), fie la distanță de suprafața ce urmează a fi iluminată, distanță ce nu poate să depășească 2/3 din înălțimea clădirii. În al doilea caz, reflectoarele pot fi și grupate, avîndu-se grijă ca distanța dintre grupuri să nu depășească de două ori distanța de la reflectoare la clădire. În caz că fațadele au înălțimea inferioară de 10—12 m se plasează reflectoarele pe sol, iar dacă înălțimea este mai mare ele se vor amplasa la 1/3 sau la jumătatea înălțimii fațadei (fig. 11).

Aceste condiții sînt necesare pentru a se obține pe fațade o iluminare uniformă, însă cu efectele de umbră eliminate, dispărînd desenul şi efectele plastice ale clădirii. Astfel de iluminări sînt indicate pentru realizarea unor siluete luminoase, a unor fonduri luminoase pe care să se proiecteze obiecte în siluetă întunecoasă sau în cazul unei iluminări a clădirilor utilitare. Pentru obiecte decorative, această repartizare regulată a luminii este de nedorit.

Lipsa efectelor „plastice" pe fațadă poate fi compensată eventual prin întrebuințarea luminii colorate.

Fig. 9. Vederea iluminatului special al Arcului de Triumf.



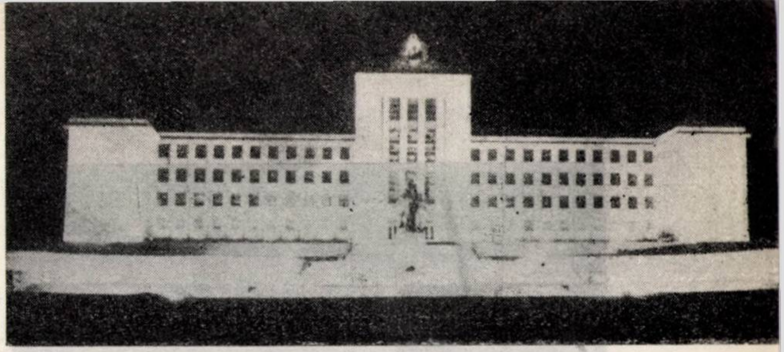


Fig. 10. Vederea iluminatului special al palatului Academiei Militare.

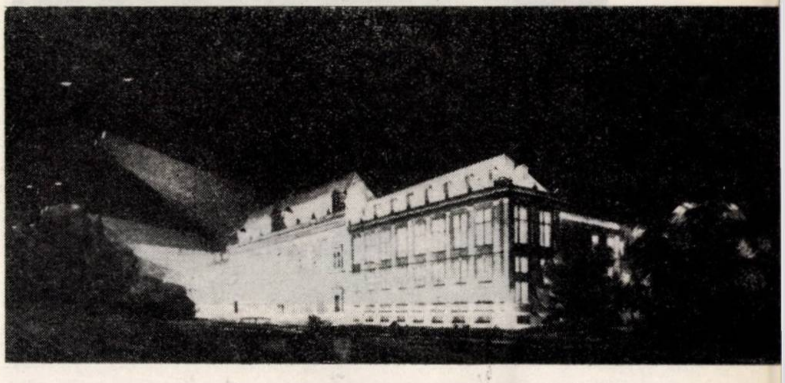


Fig. 11. Studiul perspectiv al iluminatului special — Tribunalul din București.

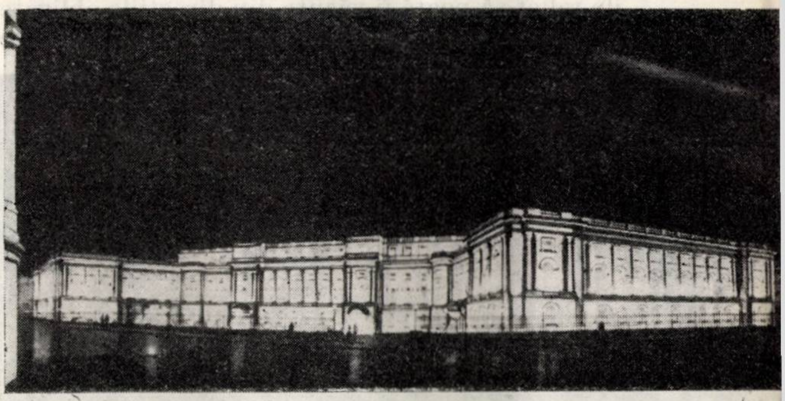


Fig. 12. Studiul perspectiv al iluminatului special — Palatul R.P.R.

Dacă fațada prezintă nervuri orizontale sau coloane verticale, ferestre profunde sau decorații lucrate, este indicat a se întrebuința efectele de umbră.

Pentru o clădire cu un relief vertical se vor dirija fasciculele luminoase oblic în proiecție orizontală. Se vor produce astfel umbre nete, ca în cazul unei lumini solare într-o poziție joasă a soarelui. Este evident că se vor utiliza reflectoare cu oglindă; conform posibilităților lor, ele se vor amplasa la distanța de 20—50 m, eventual pe suporți de 6—10 m înălțime.

În cazul unui iluminat lateral, trebuie să fim atenți, deoarece efectul nu este același pentru orice direcție de privire. Astfel, dacă ne vom plasa în spatele reflectoarelor, nu vom vedea nici o umbră, fațada va apărea fără relief, fără plastică. Direcția optimă de privire trebuie să realizeze un unghi de 90°, sau mai

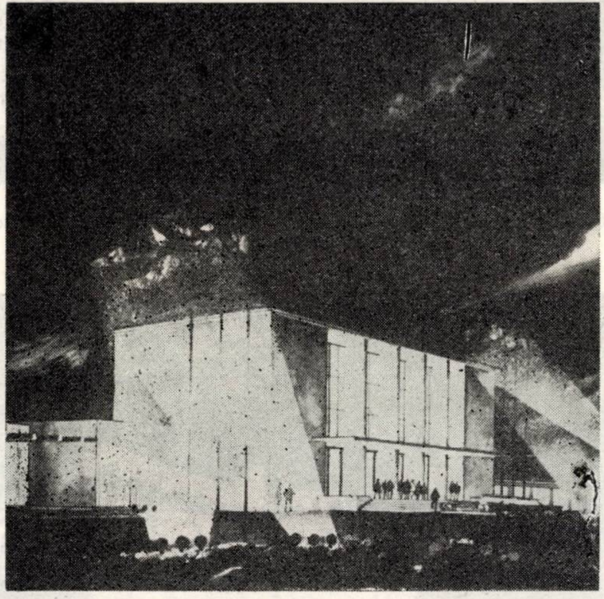


Fig. 13. Studiul perspectiv al iluminatului special — Gara Băneasa.

mare, cu direcția luminii. Vom plasa deci reflectoarele în așa mod, încît umbrele purtate de relief să poată fi văzute din direcțiile obligate de privire sau din cele mai importante puncte (nodurile de trafic). Dacă se va obține un contrast prea mare între suprafețele luminoase și umbre, vom putea îndulci umbrele cu ajutorul „contraluminii''. În acest scop, iluminatul principal va consta dintr-unul sau mai multe grupe de reflectoare cu oglindă, dirijate oblic pe fațade, iar contralumina se va obține prin plasarea cîtorva reflectoare cu fascicul larg spre fațadă. Iluminatul produs pe fațadă de către contralumină nu trebuie să depășească treimea iluminatului principal.

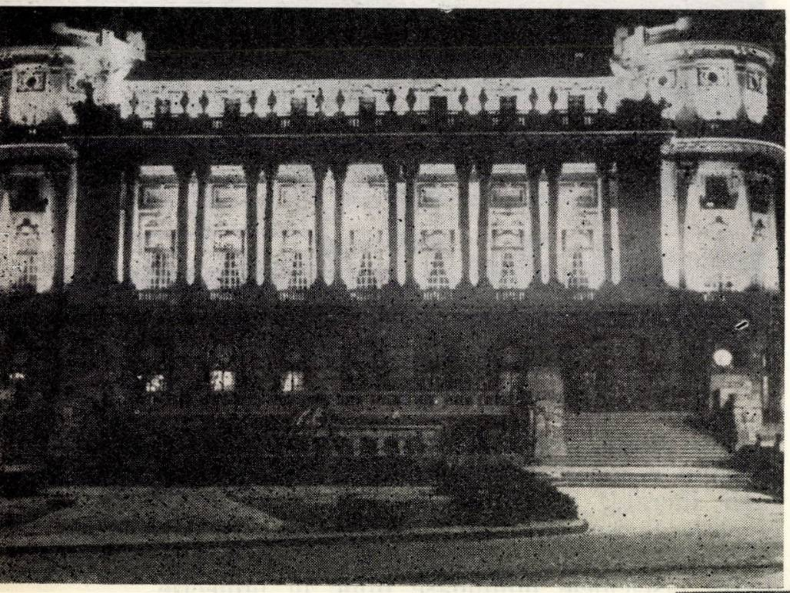


Fig. 14. Vederea iluminatului special al palatului Casei Centrale a Armatei.

Fațadele cu linii orizontale sînt iluminate avantajos de jos în sus (fig. 12), prin plasarea reflectoarelor suficient de aproape de fațadă, pentru ca lumina să cadă cît mai oblic față de direcția mijlocie de privire și fără a se obține umbre prea lungi. Se va profita de prezența balcoanelor, loggiilor, copertinelor pentru a se amplasa reflectoarele pe ele (fig. 13).

Fațadele cu coloane degajate se vor realiza cu un iluminat în contrast, prin amplasarea reflectoarelor în spatele coloanelor sau porticelor, realizîndu-se astfel un contrast între primul și al doilea plan (fig. 14).

Ca indicații suplimentare se atrage atenția că în realizarea iluminatului special al obiectelor arhitecturale trebuie realizată și ideea vieții în interiorul clădirilor, mai ales că iluminatul se realizează după orele de program în interiorul acestor obiecte. Se va avea grijă să se realizeze un iluminat local în interior în dreptul unor goluri bine alese, care să redea efectul scontat. În caz că avem o oglindă de apă în fața unui edificiu, vom amplasa reflectoarele lîngă el, în așa fel încît apa să rămînă în întuneric, iar clădirea să se reflecte luminoasă în ea.

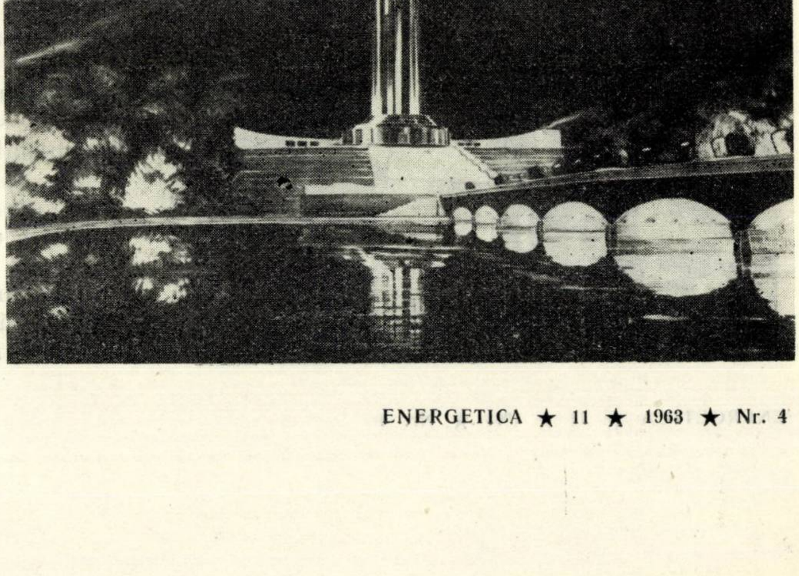
*

Iluminatul special în orașe trebuie să aibă grijă să nu jeneze pe șoferi și pietoni prin orbirea produsă de către aparatele de iluminat sau printr-o iluminare excesivă a fațadei.

La rîndul său, iluminatul special nu va trebui să fie jenat de iluminatul public și de reclame prin ecranarea care poate fi produsă prin orbire de către strălucirea acestor sisteme de iluminat.

În caz că avem o oglindă de apă în fața obiectelor iluminate va trebui să profităm de ea pentru realizarea efectelor de reflectare luminoasă. O deosebită grijă însă trebuie să avem la amplasarea reflectoarelor, în așa fel încît apa să rămînă în întuneric — reflectoarele se

Fig. 15. Studiul perspectiv al reflexelor iluminatului special în lacul Parcului Libertății.



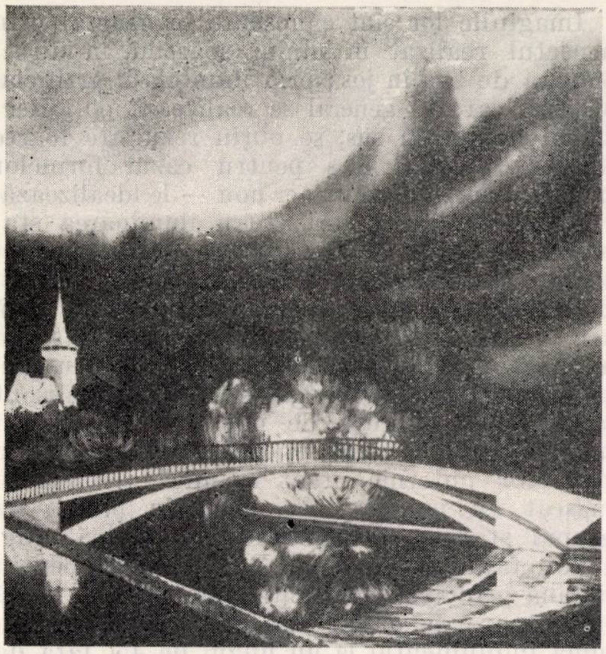


Fig. 16. Studiul perspectiv al iluminatului special — podul Insulei Trandafirilor din Parcul Herăstrău.

vor monta lîngă sau pe obiectele iluminate, între acestea și apă (fig. 15 și 16).

*

Primele realizări ale iluminatului marilor monumente apar aproape imediat cu întrebuințarea energiei electrice la iluminatul public. Astfel, chiar și în București, în 1886, o dată cu instalarea primei centrale electrice, s-au utilizat reflectoare pentru iluminarea fîntînii arteziene din Cișmigiu. Adevărate campanii de iluminat special au avut loc cu ocazia marilor expoziții internaționale, cînd toate palatele și pavilioanele expozițiilor au fost iluminate special pentru îmbogățirea aspectului de noapte.

O dată cu dezvoltarea turismului, marile orașe ale lumii au realizat iluminări speciale ale monumentelor lor istorice și de arhitectură. Parisul, Roma, Londra, Berlinul, o dată cu refacerea, consolidarea și încadrarea monumentelor lor, le îmbogățesc și cu iluminat special. Nu după mult timp însă, în Occident iluminatul publicitar exagerat a trecut pe primul plan. Realizat anarhic, într-o concurență a intensităților și a efectelor, în general de prost gust, nu a mai lăsat posibilitatea unei compoziții de ansamblu, a unei ierarhii a valorilor urbanistice. Cu toate intențiile bune, monumentele, oricît ar fi de virtuos iluminate, în astfel de cazuri dispar în masa luminoasă a iluminatului publicitar și de reclamă.

După cel de-al doilea război mondial, Uniunea Sovietică a luat inițiativa și în acest domeniu. Înfrumusețarea Moscovei, Leningradului, Kievului, Erevanului și a celorlalte mari și frumoase orașe a inclus în această campanie și îmbunătățirea aspectelor de noapte. Clădirile înalte, monumentele istorice, expozițiile permanente sînt iluminate special. Iluminarea specială s-a conceput avînd grija realizării unui mediu de contrast pentru obiectele iluminate.

În campania de înfrumusețare a Capitalei R.P.R., sarcina de a o înfrumuseța noaptea

Fig. 17. Vederea iluminatului special al Statuii Aviatorilor.

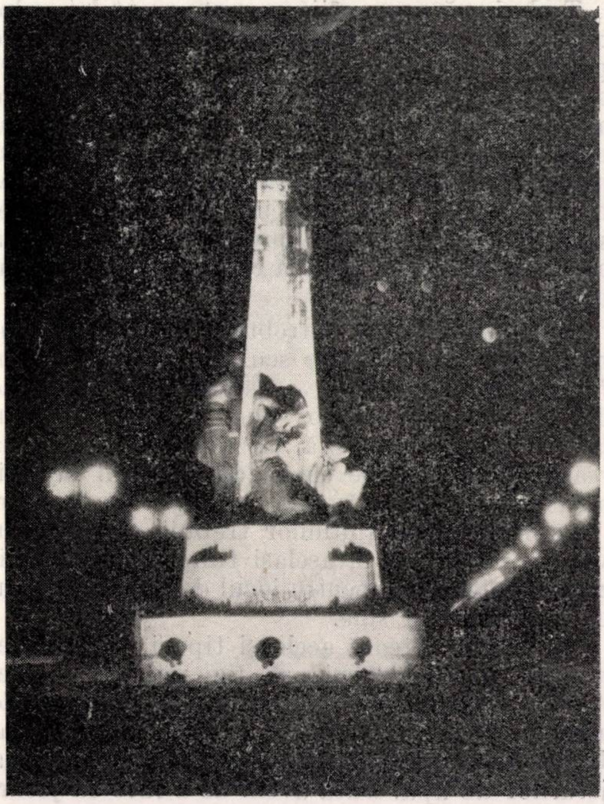
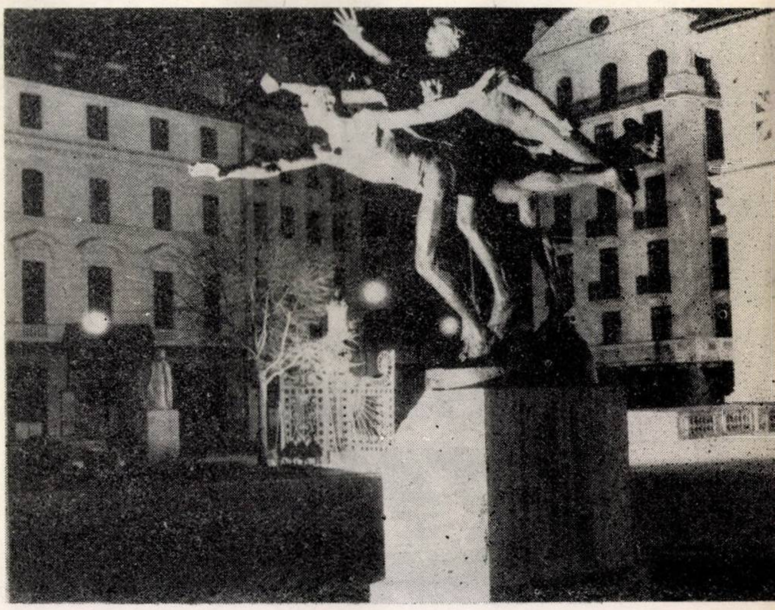


Fig. 18. Vederea iluminatului special al statuii „Alergătorii spre lumină".



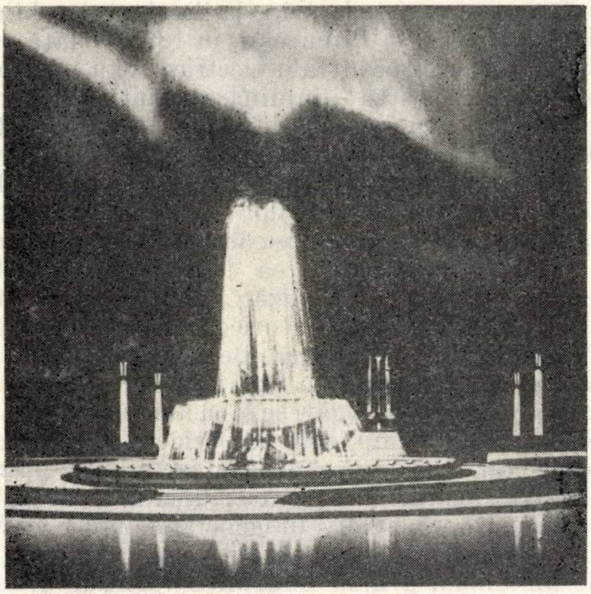


Fig. 19. Studiul perspectiv al iluminatului special al fîntînii din Piața Libertății.

și-a însușit-o I.D.E.B. Încă din vara anului 1959 s-au inițiat proiectarea și execuția unor iluminări speciale ale monumentelor de arhitectură mai importante ale orașului, obținîndu-se rezultate interesante, așa cum apar și din fotografiile prezentate ca exemplificări în cadrul acestui articol.

Iluminatul statuilor și fîntînilor

Monumentele statuare realizează centre de interes în cadrul urbanistic, din care cauză ele trebuie puse în valoare și noaptea prin iluminat special.

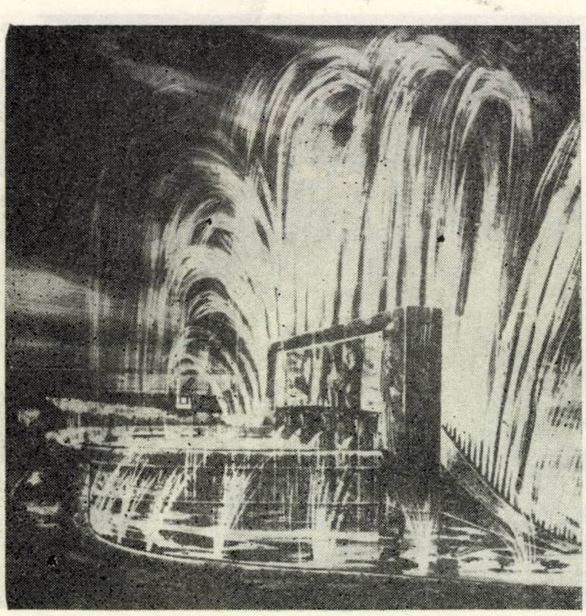


Fig. 20. Studiul perspectiv al iluminatului special al fîntînii Miorița.

Imaginile lor sînt cunoscute în general prin aspectul realizat în lumina soarelui, unidirecționată de sus în jos; prin iluminatul artificial special, care în general se realizează polidirecțional de jos în sus, se obțin rezultate foarte interesante mai ales pentru cazul formelor umane, cărora le dă un aer nou — le idealizează.

Efectele interesante pentru iluminarea statuilor se obțin cu ajutorul unor mici proiectoare cu fascicul concentrat, bine limitat, plasate în imediata apropiere a operei de artă sau fixate chiar pe monument (fig. 17). În anumite cazuri, în particular pentru grupuri, pentru o statuie ecvestră etc., este interesant a se crea o impresie de mișcare cu ajutorul unui iluminat unidirecțional, produs de un proiector puternic situat la mică distanță și mascat cu îngrijire. Ca exemplu putem da grupul statuar „Alergătorii spre lumină" (fig. 18) din fața Ateneului R.P.R. Proiectorul pentru lumina principală va fi ajutat de unul sau două proiectoare de putere mai mică, care vor ilumina monumentul la un unghi de 45° față de direcția luminii principale, în scop de contralumină, pentru îndulcirea separațiilor luminăumbră.

Atragem atenția că în cazul iluminării grupurilor statuare de la distanță, proiectoarele dispuse grupat în baterii trebuie mascate cu foarte multă atenție în nișe încastrate în sol sau în soclul ori piedestalul statuii. Aceste construcții de mascare trebuie prevăzute din timp la faza de proiect a monumentului sculptural.

Trebuie să avem grijă ca monumentele sculpturale iluminate să fie asigurate ca vedere printr-un ecran întunecos pe care să se proiecteze din punctele obligate sau optime de privire a lor. Pentru ca lumina iluminatului special al monumentului să nu ajungă pînă la ecranul pe care se proiectează statuia, se poate întrebuința montarea unui decupaj în forma siluetei statuii, montat în fața proiectoarelor, care să oprească razele de lumină ce ar produce efectul nedorit.

Spectrul luminii întrebuințate pentru iluminarea monumentelor sculpturale se alege în funcție de materialul acestora. Monumentele din piatră sînt frumos puse în valoare prin lămpi cu incandescență, iar statuile din bronz realizează frumoase efecte cu ajutorul luminii albastră-verzuie a lămpilor cu vapori de mercur.

La iluminatul fîntînilor trebuie să avem în vedere faptul că în același timp trebuie realizată iluminarea și pentru jocul de apă, și pentru monumentul în sine.

Se întrebuințează aceleași tipuri de aparate, numai că ele trebuie să fie perfect etanșe. Aceste reflectoare amplasate în apă trebuie așezate cît mai aproape de suprafața acesteia. Locul de amplasare este determinat de forma jeturilor de apă. Dacă avem de-a face cu jeturi verticale, aparatele se aşază chiar lîngă punctul de pornire a jetului. În caz că avem jeturi înclinate, se vor amplasa aparate lîngă punctul de pornire a jeturilor şi direcţionate în paralel cu acestea, iar la căderea jeturilor de apă se vor amplasa alte aparate. Primele vor fi aparate cu fascicul concentrat, celelalte vor fi cu fascicul larg.

Pentru jeturi de apă monumentale se vor amplasa concentric două rînduri de proiectoare — unul în jurul punctului de pornire a jetului, al doilea în zona de cădere a apei. Ele vor fi amplasate uniform şi pe cît posibil continuu (fig. 19).

Cînd se proiectează bazine noi pentru fîntîni monumentale în care se realizează jocuri de apă cu circuitul închis al acestuia, instalaţiile necesare se amplasează de obicei într-o cameră ce se găseşte chiar sub bazin. Trebuie să se profite de această soluţie a fîntînilor pentru a se amplasa aparatele de iluminat chiar în această cameră în planşeul de separaţie cu fîntîna, asigurîndu-se cu deosebită grijă izolaţia hidrofugă ; în schimb, avem deplina libertate de a monta aparate complexe cu schimbătoare de culori, sau chiar o orgă de culori cu care se pot realiza combinaţii de lumini colorate, sincronizate cu redări fonice, în cadrul unor spectacole de lumină şi apă, aşa cum se intenţionează a se realiza la fîntîna Mioriţa din Bucureşti (fig. 20).

Se atrage atenţia cu deosebită insistenţă asupra faptului că aceste instalaţii comportă circuite sub apă, deci pericol de electrocutare. Pentru aceasta este necesar a se pregăti personalul de întreţinere în mod special, interzicîndu-se accesul în instalaţii înainte ca un şef de echipă responsabil să fi verificat el însuşi că toate circuitele de alimentare sînt întrerupte şi că nici o cuplare nu va putea fi operată în timpul lucrărilor de către persoane străine serviciului.

Iluminatul parcurilor şi grădinilor

În cadrul unui parc sau grădină, în afara iluminatului util al aleilor, în scopul asigurării circulaţiei interioare, obiectivul ce şi-l propune iluminatul special din aceste zone verzi este acela de a compune un decor nocturn cu ajutorul unei compoziţii de lumini şi umbre, realizîndu-se o estetică de noapte a spaţiului liber, care să agrementeze plimbarea şi turismul, ridicînd astfel interesul pe care-l prezintă oraşul.

Se va căuta să nu se reproducă exact aspectul zilei, ci se vor crea aspecte noi, prin realizarea unor efecte de contrast între diversele siluete de arbori sau masive plantate, umbrite pe fonduri luminoase — sau invers — ori prin realizarea unor plane succesive de lumini şi umbre, tratate chiar cu surse cu spectre diferite, sau prin schimbarea sau exagerarea culorilor, frunzişului, florilor sau ierbii. Întrebuinţarea luminii

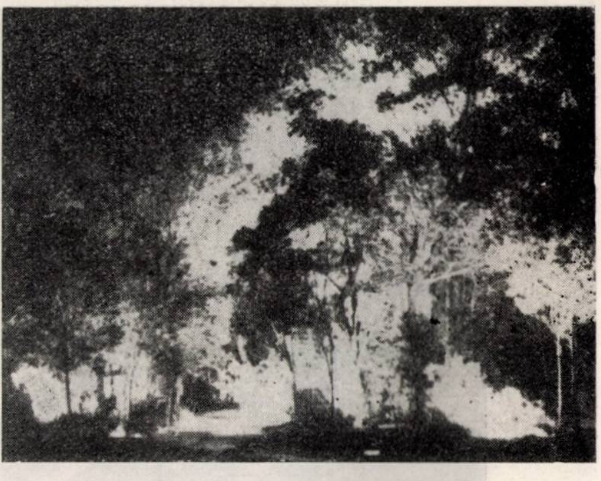


Fig. 21. Vederea unui grup de arbori iluminaţi special din interior.

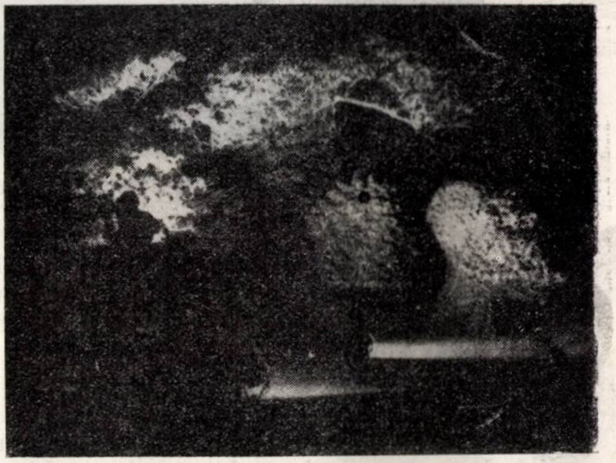
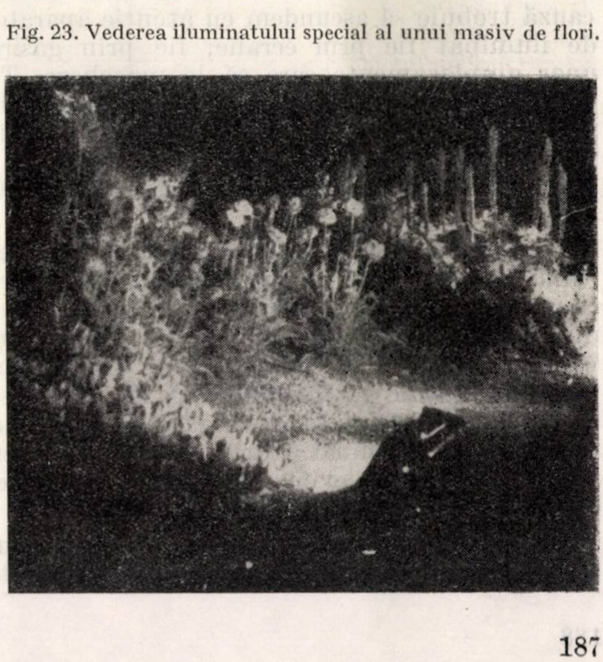


Fig. 22. Vederea unui grup de arbori iluminaţi special din exterior.

Fig. 23. Vederea iluminatului special al unui masiv de flori.



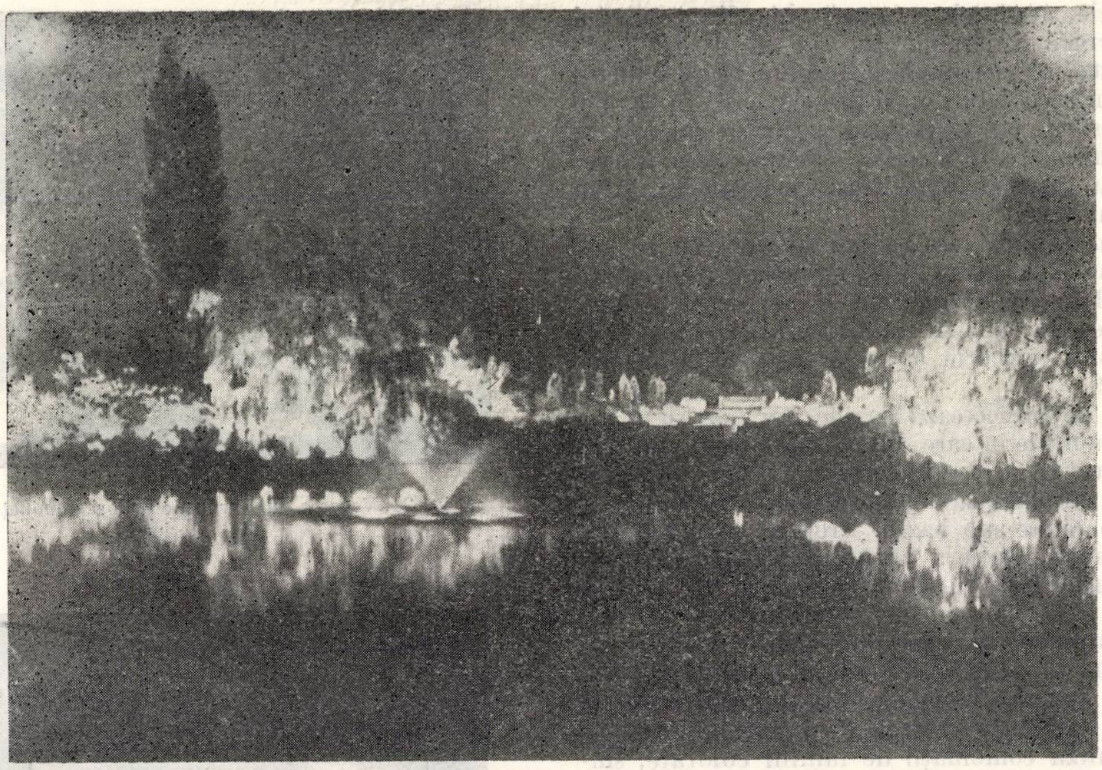


Fig. 24. Vederea iluminatului special al unor insule.

colorate va trebui să fie făcută cu multă atenție, cu mult gust și discreție. Se va căuta ca aranjamentul culorilor să dea posibilitatea contemplării simultane în același cadru de privire a culorilor complimentare, fapt ce produce o impresie agreabilă.

Vegetația reflectă o mică parte a luminii, realizîndu-se în cadrul zonelor verzi o ambianță luminoasă atenuată cu un caracter special, în care ochii privitorilor se acomodează în timp la iluminatul scăzut, dacă nu va fi orbit de strălucirea unor surse vizibile. Din această cauză trebuie să ascundem cu atenție aparatele de iluminat fie prin ecrane, fie prin găsirea unor amplasamente care să le mascheze. Tot în acest scop trebuie mascate și sursele de lumină pe drumurile care mărginesc spațiul verde, iar cele de pe aleile zonei verzi să se stingă cînd se aprinde iluminatul special decorativ.

Nu este necesar a se ilumina totalitatea spațiului verde; se vor căuta centre de interes constituite dintr-un arbore foarte frumos sau dintr-un ansamblu armonios de forme și esențe, care să realizeze un mic tablou, sau în fine, printr-o statuie și fundalul său. Între aceste centre de interes puse în valoare se va realiza un nivel de iluminat foarte discret, suficient numai pentru a evita eventualele neplăceri celor care se plimbă.

Pentru *iluminarea arborilor* ce trebuie puși în valoare se are în vedere forma lor, orientarea crăcilor și natura frunzișului lor, precum și:

a) În cazul unui ansamblu spațial de arbori se va realiza silueta lui prin iluminarea interioară cu ajutorul proiectoarelor cu fascicul deschis, plasate alături de trunchiuri, și al căror flux va fi dirijat vertical de jos în sus (fig. 21).

b) În cazul unor arbori compacți se va realiza o iluminare directă din exterior, cu ajutorul unor surse plasate în boschetele vecine, sau mai puțin bine în peluzele apropiate arborelui, în care caz va trebui să înconjurăm sursele cu ecrane de formă studiată (fig. 22).

Aceste surse trebuie să dea o lumină care să accentueze culoarea frunzișului sau chiar cîteodată să o transforme.

Iluminarea peluzelor și a masivelor de flori constituie o problemă foarte dificilă, pentru care nu se poate indica o soluție generală convenabilă.

Dacă masivul de flori se găsește înconjurat de iarbă pe mare distanță, trebuie, pentru a nu jena pe cei care se plimbă, să se așeze sursele de lumină aproape de flori și la o cît mai mică înălțime deasupra ierbii. Este indicat a se recurge la un număr mare de surse de putere moderată. Dacă avem de-a face cu plante cu înflorire de scurtă durată, se vor întrebuința instalații provizorii (fig. 23).

Dacă masivul de flori se găsește în apropierea unui arbore mare și des, se vor putea amplasa în acesta proiectoare cu fascicule bine limitate, care vor realiza un iluminat direct foarte agreabil.

Lumina care produce cele mai frumoase efecte de culoare pentru flori este cea incandescentă, dar și tuburile fluorescente permit cîteodată efecte foarte fericite în iluminatul florilor, atunci cînd acestea au culori reci.

Se pot întrebuința lămpi cu vapori de sodiu pentru flori și în special pentru frunzișul de toamnă. Pentru lumina de diverse culori se întrebuințează lămpi incandescente cu fascicul concentrat, la care se montează ecrane colorate. Aceste filtre de culoare nu lasă să treacă decît radiațiile culorii lor și opresc pe celelalte, ceea ce dă un randament scăzut pentru acest sistem de obținere a luminii colorate. O altă soluție este aceea de a întrebuința fascicule concentrate care să se reflecteze pe ecrane colorate de aramă roșie sau aluminiu eloxat în diverse culori — sistem care însă are deficiența că lumina colorată rezultată nu are un flux controlat. Același defect îl prezintă și întrebuințarea tuburilor de neon, care, în plus, prezintă și greutățile inerente înaltei tensiuni, dar care realizează culori feerice cu efecte impresionante în iluminatul special al grădinilor

Dacă în parc avem un curs de apă sau lacuri, se pot realiza reflexe foarte frumoase ale podurilor iluminate special (fig. 16), iar dacă avem insule, prin iluminarea celor mai frumoși arbori, boschete și masive plantate, se pot obține imagini reflectate impresionante (fig. 24).

Iluminatul special din zonele verzi trebuie să realizeze tablouri de umbre și lumini care se vor izola ca acces privitorilor, pentru ca sursele de lumină mascate să nu devină vizibile — întrucît efectele luminoase nu mai pot fi percepute din cauza orbirii. Se va împiedica și accesul în spatele zonei ce formează tabloul luminos pentru a nu se vedea în sens opus decorul, care în această situație prezintă aparatele de iluminat cu fluxul dirijat către privitor.

În zone verzi se pot întrebuința și obiecte luminoase cu forme diverse, de vase, plante, animale, a căror amplasare se va face cu multă grijă, evitîndu-se îndesirea lor. Forma acestor obiecte luminoase, dimensiunile lor și culoarea obținută prin transparența materialului lor trebuie alese cu deosebită grijă și mult simț artistic.

Ca indicație trebuie precizat faptul că ele trebuie amplasate în așa fel, încît vederea zonei amenajate cu astfel de obiecte luminoase să realizeze o prindere simultană a cel mult două obiecte luminoase, însă de fel deosebit, excepție făcîndu-se numai în cazul în care obiectele luminoase sînt dispuse cu intenția realizării unui aliniament ritmic sau în jurul unui alt element central. Astfel se dispun aparatele în zonele de grădină arhitecturală, unde ele trebuie să marcheze axele, ritmul, accentele, începutul și sfîrșitul compoziției arhitecturale a grădinii. În zona de compoziție liberă se amplasează obiectul luminos, avîndu-se grijă ca el să marcheze un centru de interes al plantației, să fie susținut de plantație, să aibă un ecran pe care să se profileze. Dacă avem mai multe forme de obiecte luminoase, alegerea tipului se va face avîndu-se în vedere distanța de la punctul de privire și de interesul locului. Se va evita suprapunerea amplasării unui astfel de aparat într-o zonă cu iluminat special.

*

Proiectarea iluminatului special al unui parc sau al unei grădini se va face avîndu-se în vedere compoziția de ansamblu a acestui iluminat. Trebuie evitată cu deosebită grijă îndesirea efectelor create. Între efecte trebuie realizată o zonă cu un iluminat atenuat la limita utilului. Perceperea efectelor create trebuie să se facă fără a se suprapune unul pe altul, sau prin crearea unui ritm al lor. Pentru centrele de interes, aspectul economic este mai puțin important, întrucît numai astfel se poate realiza contrastul necesar față de spațiul înconjurător. Greșeala cea mai gravă ce se poate face apare prin umplerea zonei verzi cu prea multe efecte luminoase, încît dispare orice intenție de compoziție.

Definitivarea amplasării aparatelor se va face după ce prin tatonări se realizează efectul căutat.

Spectacolele de sunet și lumină

Iluminatul special contribuie la acest gen de spectacole realizate în spațiu deschis prin efecte de iluminare diverse, ca : intensități, culori și mai ales prin mișcarea acestora pe suprafețe cît și prin prezența lor în timp.

Iluminatul participă în spectacolul respectiv acompaniat de muzică sau comentariu, înregistrate ; sau jocurile de lumină sînt sincronizate cu jocuri de apă, cu recitări poetice, cu scene jucate, toate sincronizate pe partitură muzicală, executate de orchestre, soliști, coruri, înregistrate.

Aceste spectacole cu teme foarte diverse au un caracter de evocare și trebuie realizate pe baza unei regii scenice, întrucît ele nu suferă mediocritatea nici în concepție, nici în execuție. Iluministul trebuie să pună la îndemîna regizorului un catalog de efecte fotografiate, cu indicarea tipurilor de proiectoare, cu posibilitățile de orientare și cu optica lor, pe care le poate realiza tehnica iluminatului. Problema tehnică majoră a acestor spectacole este sincronismul și armonia dintre sunet, cuvinte, muzică, jocuri de apă (eventuale) și lumini. Sincronizarea se face printr-o comandă la distanță a aparatelor de la un tablou central.

*

Diversele sisteme și diversele obiecte ale iluminatului special necesită instalații complexe, o exploatare continuă, o întreținere dificilă, întrucît aparatele pot fi amplasate în locuri greu accesibile, dar mai ales necesită o competență deosebită din partea iluministului, care trebuie să fie un artist adevărat. O cît de mică scăpare tehnică sau mai ales o greșită rezolvare a aspectului estetic fac din realizările iluminatului special, cu toată intenția bună, investiții inutile sau chiar supărătoare ca prezență în orașul pe care vor să-l înfrumusețeze.

Bibliografie

[1] Jansen, J. *Tehnica iluminatului*, vol. III, cap. XXIII. Bibliothéque Technique Philips, Eindhoven, 1956.

[2] *Codul bunei practici a iluminatului public· și a semnalelor luminoase.* Electricité de France, 1958, p. 30—46·

[3] Dourgnon, J. *Confort, lumière et architecture.* În : Lux, nr. 20, 1962, p. 267.

[4] Völkel, L. *Ein modernes und ein historische Bauwerk im Flutlicht.* În : Lichttechnik, nr. 4, 1962, p. 167.

[5] Roch, J. *Kulturdenkmäler in Flutlicht am Beispie Braunschweigs.* În : Lichttechnik, nr. 3, 1962, p. 99.

[6] Ströbel, D. *Licht und Architektur.* În : Lichttechnik, nr. 6, 1961, p. 305.

[7] Günther, M. *Zwei Beispiele für Austrahlungen mit verschiedenen Mitteln.* În : Lichttechnik, nr. 4, 1961, p. 133.

[8] Traves, B. A. și Fancett, R. E. *Outdoor Lighting and Seattle World's Fair — Century 21.* În : Illuminating Engineering nr. 10, 1962, p. 651.

[9] *Lighted Gardens Wellcome Summer.* În : Illuminating Engineering, nr. 6, p. 399.

[10] *City Mall — Key to downtown Miami Beach revival.* În : Illuminating Engineering, nr. 6, 1961, p. 370.

DOCUMENTARE

Lazarev, D. N. **Radiații ultraviolete în încăperile industriale ale clădirilor fără luminatoare** [Ultrafioletovoe (eritemnoe) oblucenie v proizvodstvennîh pomeșceniiah besfonarnîh zdanii]. Svetotehnika nr. 6, 1962, p. 14—20, 1 fig.

Fără cantitățile necesare de radiații ultraviolete naturale și artificiale, omul nu-și poate păstra sănătatea bună. De aici a provenit necesitatea de a se crea instalații de radiații ultraviolete în încăperile industriale care nu au lumină naturală și chiar în acelea cu lumină naturală.

Realizarea iradierii eritemice a muncitorilor în clădirile fără luminatoare cere în primul rînd o lărgire a sortimentului de lămpi și corpuri de iluminat speciale, precum și a aparatelor de control și măsură. În acest fel, în clădirile fără luminatoare și în alte încăperi industriale lipsite de lumină naturală pot fi create condiții luminoase perfecte din punct de vedere biologic.

Voloțkoi, V. I. **Tendințe moderne în iluminarea clădirilor publice** (Sovremennîe napravleniia v osveșcenii obșcestvennîh zdanii). Svetotehnika nr. 7, 1962, p. 16—20, 9 fig.

Un sistem bun de iluminare interioară poate fi creat numai în condițiile unei unități între soluțiile arhitectonice și cele tehnico-luminoase.

Activitatea comună a arhitectului și a inginerului iluminotehnician devine necesară în fazele inițiale ale proiectării, atunci cînd se concepe proiectul clădirii. Această colaborare asigură reușita soluționării unor probleme esențiale ale instalațiilor de iluminat în vederea adaptării lor la stilul arhitectonic modern.

Vaserman, A. L. și Roșcina, I. A. **Un transformator diferențial de curent pentru măsurări în schemele lămpilor fluorescente** (Differențialnîi transformator toka dlea izmerenii v shemah bîstrovo zajiganiia liuminescentnîh lamp). Svetotehnika nr. 10, 1962, p. 25—27, 6 fig.

Se arată rolul transformatoarelor sau al ampermetrelor diferențiale speciale care permit să se distingă un singur curent din suma curenților în trecere printr-un sector al tubului fluorescent.

Se dă construcția transformatorului diferențial, schema de principiu și schema de manevrare.

Folosirea transformatorului diferențial lărgește posibilitatea de cercetare și de control a caracteristicilor electrice din schemele de aprindere rapidă.

Joffe, R. C. și Usbiațova, E. P. **Lămpi fluorescente cu transmisie calorică îmbunătățită** (Liuminescentnîe lampî s upucitennoi țvetoperedacei). Svetotehnika nr. 11, 1962, p. 13—18, 8 fig.

Lămpile fluorescente care se fabrică în prezent cu luminofori din halofosfați de calciu, activați cu stibiu și mangan, au un randament luminos înalt.

Sortimentul variat de luminofori dă posibilitatea de a se crea o varietate mare de spectre în radiația lămpilor fluorescente, de aici provenind și condiția calității transmisiei calorice, care la rîndui ei este legată de micșorarea randamentului luminos.

Drept criteriu al calității transmisiei calorice s-a luat raportul dintre spectrul lămpii fluorescente și spectrul radiației corpului negru, la temperatura care corespunde temperaturii calorice medii a lămpii fluorescente respective.

Se dau două metode de apreciere a transmisiei calorice, una spectrală și una calorimetrică.

Forme noi pentru lămpile cu incandescență în Finlanda (Glühlampen neuer Form auch in Finland). Lichttehnik, 11/1960, p. 599.

Aceste lămpi sînt destinate pentru a le utiliza goale. Balonul lor are o suprafață mare și este opalizat cu silice, în afară de partea inferioară a acestuia, care este lăsată transparentă.

Schilling, W. **Tendințe privind lămpile cu incandescență**. (Entwicklungstendenzen bei Glühlampen). Lichtechnick 11/1960, p. 610—612.

Lampa cu incandescență , cu toată vechimea sa, continuă să facă progrese care împiedică să fie complet depășită de lămpile cu descărcări.

1. Sporirea randamentului luminos : materialul filamentului ; natura și presiunea atmosferei interioare ; dubla spiralizare ; răcirea extremităților filamentului ; inegalitățile secțiunii filamentului ; lămpi supravoltate, dar de scurtă durată (40 buc./W pentru 30 ore).

2. Reducerea strălucirii datorită balonului : depunerea în interior de silice sau de bioxid de titan.

3. Sporirea strălucirii filamentului : datorită unei ridicări a tensiunii (optimum 8 la 12 V) ; prin umplerea cu gaze rare, grele, acceptîndu-se o reducere a duratei de funcționare.

4. Concentrarea fluxului luminos al lămpii : prin argintarea unei suprafețe mai mult sau mai puțin întinse a balonului.

5. Reducerea dimensiunilor exterioare ale balonului : aceasta este o tendință foarte generalizată ; se poate merge departe, confecționînd balonul din silice și utilizînd iodul pentru atmosfera interioară.

Ohnemus, H. **Calculul intensității medii de iluminare al iluminatului public cu lămpi fluorescente** (Die Berechnung mittlerer Beleuchtungsstärken bei queraufgehängten Leuchtstofflampenleuchten aus ihrer Haupt-Lichtverteilungskurve). Lichttechnik nr. 6, 1962, p. 305—309, 8 fig.

Se descrie o metodă permițînd determinarea rapidă a intensității medii de iluminare atunci cînd lămpile fluorescente ale iluminatului public sînt instalate perpendicular, paralel sau oblic. Se utilizează curbele (*b*/*h*), care dau fluxul luminos în funcție de raportul dintre lărgimea *b* a străzii și înălțimea *h* de suspendare a corpului de iluminat.

Fischer, D. **Posibilități de definire a factorului de strălucire pentru iluminatul interior** (Möglichkeiten einer Blendungsbewertung in Seitsätzen für Innenraumbeleuchtung). Lichttechnik nr. 12, 1962, p. 610—615, 10 fig.

Pe lîngă nivelul de iluminare, evitarea fenomenului de orbire constituie punctul de vedere cel mai important al calității în proiectarea instalațiilor de iluminat.

Pe cînd, pentru nivelele de iluminare, inginerului iluminatorist îi stau la dispoziție tabele cu valori recomandate, la evitarea fenomenului de orbire el se bazează aproape exclusiv pe experiența lui.

Datele publicate în normele germane sînt prea sumare și puțin adevărate pentru practică, neputînd servi ca bază pentru proiectare.

Articolul dă o nouă formulă pentru stabilirea valorilor admisibile a strălucirii corpurilor de iluminat.

Zubler, E. G. și Mosby., F. A. **O lampă cu incandescență, conținînd iod conservă virtual randamentul său luminos la 100%.** Illuminating Engineering nr. 12/1959, p. 734—740.

Pentru a combate înnegrirea lămpilor cu incandescență, articolul descrie un nou tip de lampă cu filament de tungsten, care utilizează iodul în procesul de regenerare, datorită căruia tungstenul evaporat este depus pe filament, permițînd astfel să se mențină randamentul luminos al acestor lămpi aproape de 100% și să se mărească considerabil durata lor de funcționare.

Hopkinson, R. G. și Bradley, R. C.. **Studiul orbirii provocate de izvoarele de lumină de dimensiuni mari** (A study of glare from very large sources). Illuminating Engineering, nr. 5/1960, p. 288—294, 7 fig.

Conține prezentarea de studii privind orbirea provocată de izvoarele de lumină de dimensiuni mari, și în special de către plafoanele luminoase a căror strălucire depășește 5,15 stilbi.

Recomandări de ordin practic privind iluminatul birourilor. (Recommanded practice for office lighting). Illuminating Engineering, 6/1960, p. 313—344.

Aceste recomandări, stabilite de un comitet al I.E.S., privesc subiectele care urmează, fiind însoțite de numeroase fotografii: caracteristicile lucrărilor efectuate în birouri, influența iluminatului asupra vederii; coeficienții de reflexie recomandați pentru tavane, pereți, planșee și echipamentele din birouri, nivele de iluminare recomandate în funcție de natura lucrărilor și de local; influența factorilor de ambianță; sisteme de iluminat natural, iluminat electric, iluminatul și vederea în birouri colective și individuale, în săli de desen, săli de recepție, de clase, de conferințe, scările, ascensoarele, culoarele și grupurile sanitare; iluminatul suplimentar; săli de mecanografie; întreținerea instalațiilor.

Recomandări americane privind iluminatul în locuințele de azi (Lighting ... keyed to today's homes). Illuminating Engineering, nr. 10/1960, p. 527—559; nr. 11/1960, p. 594—613; nr. 12/1960, p. 638—654, 157 fig.

Aceste recomandări au fost stabilite de către un comitet al societății „Illuminating Engineering". Prima parte se ocupă de iluminatul arhitectural, adică de iluminatul cu caracter pur decorativ, și de iluminatul funcțional privit din punct de vedere artistic. Se examinează iluminatul ferestrelor și al zidurilor, iluminatul pereților cu ajutorul cornișelor echipate cu izvoare incandescente sau fluorescente, iluminatul prin scafe practicate în jurul plafoanelor, iluminatul prin panouri luminoase sau cu proiectare cu flux concentrat sau dispersat, iluminatul prin plafoane luminoase, natura diferitelor materiale difuzante etc.

Partea a doua privește corpurile de iluminat fixate de pereți sau de plafon, pentru iluminatul fluorescent sau incandescent, și dă indicații în ce privește alegerea acestora.

Părțile a treia, a patra, a cincea și a șasea sînt destinate, respectiv: lămpilor portative, efectelor decorative datorite iluminatului, iluminatului interior și celui pentru exterior și grădini.

Partea a șaptea studiază aparatele de măsurat pentru iluminatul incandescent și fluorescent.

Ultima parte se ocupă de izvoarele de lumină incandescente și fluorescente.

Un mare număr de fotografii ilustrează textul.

Christensen, M. **O metodă pentru determinarea costului minim al înlocuirii lămpilor** (A method for determining minimum cost of relamping). Illuminating Engineering nr. 11, 1962, p. 712—717, 14 fig.

Există multe criterii de apreciere a costului înlocuirii lămpilor, unele bazîndu-se pe aspectul îmbunătățit al încăperii, altele pe aspectul economic etc.

Metoda și datele prezentate în articol ajută să se determine intervalul de timp între două înlocuiri, pentru un cost minim. Datele prezentate se referă la trei tipuri de lămpi fluorescente. Ecuațiile găsite pot fi însă extinse și pentru alte tipuri de lămpi incandescente, fluorescente sau cu vapori de mercur.

Still, R. **Instalații de iluminat în „superpiețe". Iluminatul rațional este un factor important al magazinelor cu autoservire.** Electrical Times, nr. 11/1960, p. 385—387, 4 fig.

Autorul studiază instalațiile de iluminat ale magazinelor cu autoservire din Anglia. El arată că între anii 1951—1960 iluminatul mediu din aceste magazine a trecut treptat de la 150 lx la circa 600 lx.

Primele instalații erau realizate cu tuburi fluorescente cu catodul rece și cu tuburi cu catodul cald, iar apoi — pe măsură ce aceste lămpi au fost ameliorate în ce privește capacitatea de a reda culorile — s-a constatat dispariția aproape totală a lămpilor cu incandescență.

S-a observat un efect curios al iluminatului fluorescent: carnea împachetată în celofan își pierde culoarea, și a trebuit ca celofanul să fie înlocuit cu polietilenă.

Corpurile de iluminat cu două tuburi tind să înlocuiască pe cele cu un tub în cea mai mare parte din instalații.

Pentru iluminatul local al caselor înregistratoare, la care se face plata, al vitrinelor etc., se prevăd prize de curent îngropate în pardoseală sau la baza stîlpilor. Vitrinele frigorifice sînt racordate prin țevi la un compresor central.

În încăperile de serviciu ale acestor magazine, iluminarea medie este de ordinul a 150 lx și se utilizează aproape exclusiv iluminatul fluorescent.

Echipament pentru iluminatul public. Electrical Review nr. 11/1960, p. 436—441, 18 fig.

O prezentare bogat ilustrată privind materialele și echipamentele de iluminat public expuse la Folkestone, în septembrie 1960, de Asociația pentru tehnica iluminatului public.

Activitatea Comitetului Naţional Romîn pentru Comisia Internaţională de Iluminat

Comisia internaţională de iluminat (C.I.E.) este o organizaţie care are drept scop coordonarea şi îndrumarea activităţii ştiinţifice şi de cercetare a tehnicienilor care se ocupă cu problemele iluminatului.

Această comisie este formată din comitetele naţionale ale ţărilor afiliate. Printre aceste ţări figurează şi R.P.R., care participă la lucrările comisiei în următoarele comitete de lucru, printr-o serie de specialişti din producţie, după cum se arată mai jos, :

Denumirea comitetului de lucru	Responsabil
E—4.1.1. Învăţămîntul iluminatului	Ing. P. Militaru (ISPE) — preşedinte
S—3.1.6. Iluminatul edificiilor publice	Ing. Cr. Vîlciu (IDEB) — vicepreşedinte
E—3.3.1. Iluminatul public	Ing. Cr. Vîlciu (IDEB) — vicepreşedinte
E—3.1.1.1. Predeterminarea iluminării şi strălucirii	Ing. M. Duminicatu (ISPE) — secretar
E—1.1. Definiţii şi vocabular	Dr. ing. E. Ionescu (IPROMET) — membru
S—1.2. Măsurarea luminii	Ing. Al .Popescu (Institutul politehnic) — membru
E—1.4.1. Viziune fotopică şi scotopică	Ing. R. Grigorovici (Institutul de fizică) — membru
S—2.1.1. Surse de radiaţii vizuale	Ing. R. Grünberg (Electrofar") — membru
E—2.1.2. Surse de radiaţii U. V. şi I. R.	Ing. D. Savopol („Electrofar") — membru
E—3.1. Colorimetrie	Ing. R. Grigorovici (Institutul de fizică) — membru
E—3.1.1.2. Cauzele lipsei de confort	Arh. A. Oprea (IDEB) — membru
E—3.1.1.3. Ambianţe agreabile	Arh. A. Oprea (IDEB) — membru
S—3.1.2. Practica iluminatului	Ing. Al. Băilescu („Proiect" Bucureşti) — membru
S—3.1.3. Iluminatul în şcoli şi birouri	Ing. V. Lefter (MMCM — DGIET) — membru
S—3.1.4. Iluminatul industrial	Ing. D. Matei (IPROMET) — membru
S—3.3.4. Iluminatul obiectivelor sportive	Ing. I. Tîrnea („Eectro-Banat") — membru
S—4.2. Legislaţia iluminatului	Ing. A. Avramescu (ICET)

În intervalul de timp de la constituirea actualului comitet naţional, activitatea sa a fost axată pe următoarele probleme mai importante :

1. S-a menţinut contactul cu Comisia internaţională de iluminat şi comitetele naţionale ale ţărilor afiliate la C.I.E. Această legătură se face prin informare reciprocă asupra progreselor realizate în tehnica iluminatului, precum şi prin conferinţe periodice ale diverselor comitete de specialitate.

2. Un eveniment important în activitatea C.I.E. şi a Comitetului naţional îl constituie pregătirea Congresului internaţional pentru problemele iluminatului, ce se va ţine în cursul lunii iunie 1963 la Viena.

Cu această ocazie, cele peste 80 de ţări afiliate comisiei vor participa la lucrările congresului, prezentînd referate asupra cercetărilor ştiinţifice şi realizărilor tehnice din ţările respective, urmînd ca din discuţii să se tragă concluzii asupra liniilor directoare după care se vor orienta în viitor lucrările tehnicienilor în tehnica iluminatului.

Comitetul naţional romîn prezintă studiul ing. Cr. Vîlciu şi arhitect A. Oprea referitor la sistematizarea iluminatului public într-un mare oraş.

Se tinde ca şi pe această cale, a contactelor directe cu specialiştii de peste hotare, să se asigure tehnicii iluminatului din ţara noastră un nivel corespunzător gradului de dezvoltare a economiei naţionale.

3. În planul de muncă al Comitetului naţional romîn, un punct important îl constituie legătura cu diversele întreprinderi care se ocupă cu producerea aparatajului destinat iluminatului.

Astfel, s-au vizitat întreprinderile : „Electrofar", „Electro-Banat", „Electroprecizia" etc. de către diverşi membri ai comitetului, care au studiat programele de fabricaţie ale acestor întreprinderi şi au dat sugestii pentru îmbunătăţirea lor.

O deosebită atenţie s-a acordat unităţilor profilate pentru fabricarea corpurilor de iluminat. S-a căutat să se impulsioneze pe această cale ameliorarea performanţelor şi îmbogăţirea sortimentelor.

4. Activitatea ştiinţifică în domeniul tehnicii iluminatului necesită amenajarea unui laborator central pentru efectuarea măsurătorilor fotometrice.

Laboratoare de acest gen, mai mult sau mai puţin mari, se găsesc în cadrul unor instituţii şi întreprinderi, ca Institutul pentru protecţia muncii, institutele politehnice, „Electrofar" etc.

Comitetul naţional de iluminat a iniţiat o anchetă în scopul de a cunoaşte situaţia dotării acestor laboratoare, tipul aparatelor, gradul lor de uzură, felul cum sînt utilizate etc.

În paralel a cerut oferte pentru importul unui laborator fotometric, care ar putea fi eventual completat cu o serie de aparate disponibile la diverse unităţi.

Apreciem că organizarea unui asemenea laborator va contribui în mod esenţial la îmbunătăţirea performanţelor corpurilor de iluminat şi va asigura o bază materială strict necesară activităţii de cercetare ştiinţifică.

5. În scopul popularizării progreselor realizate în tehnica iluminatului s-a iniţiat de asemenea o serie de conferinţe în diverse instituţii. Astfel, în cadrul Institutului „Proiect"-Bucureşti, ing. Al. Băilescu a ţinut o conferinţă despre iluminatul fluorescent, iar în cadrul Institutului de studii şi proiectări energetice (ISPE), ing. M. Duminicatu a vorbit despre uniformizarea soluţiilor pentru instalaţiile de iluminat în obiectivele energetice.

Această activitate va fi continuată şi în viitor prin aportul personal al membrilor comitetului sau al altor specialişti din producţie.

6. Constatîndu-se că numărul publicaţiilor în domeniul iluminatului este destul de redus, s-a luat legătura cu factori de răspundere de la diverse edituri, cerîndu-se includerea în planul de editare a unor lucrări de iluminat.

Un început promiţător îl constituie apariţia lucrării „Iluminatul electric" de ing. Al. Băilescu şi ing. Dinu Savopol, ambii membri ai Comitetului naţional romîn pentru C.I.E.

7. În afara celor de mai sus, comitetul a iniţiat contacte cu Uniunea arhitecţilor, C.S.C.A.S. şi Institutul de cercetări ştiinţifice pentru protecţia muncii, căutînd să impulsioneze pe toate căile interesul pentru problemele de iluminat din ţara noastră.

Ing. M. Duminicatu

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ НОМЕР ПОСВЕЩЕННЫЙ ВОПРОСОМ ОСВЕЩЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ РУМЫНСКИМ НАЦИОНАЛЬНЫМ КОМИТЕТОМ C.I.E.

Gheorghiu, N.: **Достижения и задачи в технике освещения**

Energetica, 11 (1963), № 4, стр. 141

ДК 535.245.11/13

Militaru, P.: **Соображения относительно определения светового потока светильников графическими методами и с помощью механических приспособлений**

Energetica 11 (1963), № 4, стр. 142—150

ДК 621.327.4

Ionescu, E. и *Matei, D.:* **Трёхэлектродная газоразрядная лампа с питанием от однофазной сети**

Energetica 11 (1963), № 4, стр. 150—158

ДК 628.971

Vîlciu, Cr.: **Современные вопросы наружного освещения в нашей стране**

Energetica 11 (1963), № 4, стр. 159—168

ДК 628.971.6 : 621.398

Friedmann, W.: **Телесигнализация функционирования установок для уличного освещения города Бухарест**

Energetica 11 (1963), № 4, стр. 169—174

ДК 535.241.431.001.24

Resenberg, N.: **Метод множественных отражений для расчёта уровней освещения и яркости**

Energetica 11 (1963), № 4, стр. 174—178

ДК 628.974.6

Oprea, A.: **Декоративное освещение городов**

Energetica 11 (1963), № 4, стр. 179—190

ДОКУМЕНТАЦИЯ ● СООБЩЕНИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

SONDERHEFT FÜR DIE BFLEUCHTUNGSFRAGEN HERAUSGEGEBEN UNTER DEN AUSPIZIEN DES RUMÄNISCHEN NATIONAL KOMITÉE C.I.E.

Gheorghiu, N. : **Errungenschaften und Aufgaben in der Beleuchtungstechnik**

Energetica, 11 (1963), H. 4, S. 141

DK 535.245.11/13

Militaru, P. : **Betrachtungen über die Lichtstrombestimmung von Leuchtkörpern mittels graphischer Verfahren und mechanischer Geräte**

Energetica, 11 (1963), H. 4, S. 142—150

DK 621.327.4

Ionescu, E. und *Matei, D.* : **Aus einphasigen Netzen gespeiste Gasentladungslampen mit drei Elektroden**

Energetica, 11 (1963), H. 4, S. 150—158

DK 628.971

Vîlciu, Cr. : **Aktuelle Fragen der Aussenbeleuchtung in unserem Lande**

Energetica, 11 (1963), H. 4, S. 159—168

DK 628.971.6 : 621.398

Friedmann, W. : **Fernmeldung des Strassenbeleuchtungsbetriebs in Bukarest**

Energetica, 11 (1963), H. 4, S. 169—174

DK 535.241.431.001.24

Rosenberg, N. : **Beleuchtungspegelberechnung und Blendungsbewertung mittels des Verfahrens vielfältiger Reflexe**

Energetica, 11 (1963), H. 4, S. 174—178

DK 628.974.6

Oprea, A. : **Städtische dekorative Beleuchtung**

Energetica, 11 (1963), H. 4, S. 179—190

DOKUMENTATION ● MITTEILUNGEN

SOMMAIRE

NUMÉRO SPÉCIAL CONSACRÉ AUX PROBLÈMES DE L'ÉCLAIRAGE, PUBLIÉ SOUS L'ÉGIDE DU COMITÉ NATIONAL ROUMAIN C.I.E.

Gheorghiu, N. : **Réalisations et tâches dans le domaine de la technique de l'éclairage**

Energetica, 11 (1963), nr. 4, p. 141

CD 535.245.11/13

Militaru, P. : **Considérations sur la détermination du flux lumineux des appareils d'éclairage à l'aide de méthodes graphiques et de dispositifs mécaniques**

Energetica, 11 (1963), nr. 4, p. 142—150

CD 621.327.4

Ionescu, E. et *Matei D.* : **Lampe à décharge dans les gaz à trois électrodes, alimentée par un réseau monophasé**

Energetica, 11 (1963), nr. 4, p. 150—158

CD 628.971

Vîlciu, Cr. : **Problèmes actuels de l'éclairage extérieur dans notre pays**

Energetica, 11 (1963), nr. 4, p. 159—168

CD 628.971.6 : 621.398

Friedmann, W. : **Télésignalisation du fonctionnement des installations pour l'éclairage des rues de Bucarest**

Energetica, 11 (1963), nr. 4, p. 169—174

CD 535.241.431.001.24

Rosenberg, N. : **L'utilisation de la méthode des réflexions multiples pour le calcul des niveaux de l'éclairage et des brillances**

Energetica, 11 (1963), nr. 4, p. 174—178

CD 628.974.6

Oprea, A. : **L'éclairage décoratif urbain**

Energetica ,11 (1963), nr. 4, p. 179—190

DOCUMENTATION ● COMMUNICATIONS

CONTENTS

SPECIAL ISSUE DEDICATED TO LIGHTING PROBLEMS, PUBLISHED UNDER THE CARE OF THE ROUMANIAN NATIONAL COMMETTEE C.I.E.

Gheorghiu, N. : **Achievements and tasks in lighting technique**

Energetica, 11, (1063), no. 4, p. 141

DC 535.245.11/13

Militaru, P. : **Considerations on the determination of luminous flux in luminairies by using graphic methods and mechanical devices**

Energetica, 11 (1963), no. 4, p. 142—150

DC 621.327.4

Ionescu, E. and *Matei, D.* : **Electric discharge lamp with three electrodes, fed from a single phase net**

Energetica, 11 (1963), no. 4, p. 150—158

DC 628.971

Vîlciu, Cr. : **Present outdoor lighting problems in our country**

Energetica, 11 (1963), no. 4, p. 159—168

DC 628.971.6 : 621.398

Friedmann, W. : **Remote signalisation of the installations for street lighting operation in Bucarest**

Energetica, 11 (1963), no. 4 p. 169—174

DC 535.241.431.001.24

Rosenberg, N. : **Compound reflection method for calculating illumination levels and brightness**

Energetica, 11 (1963), no. 4 p. 174—178

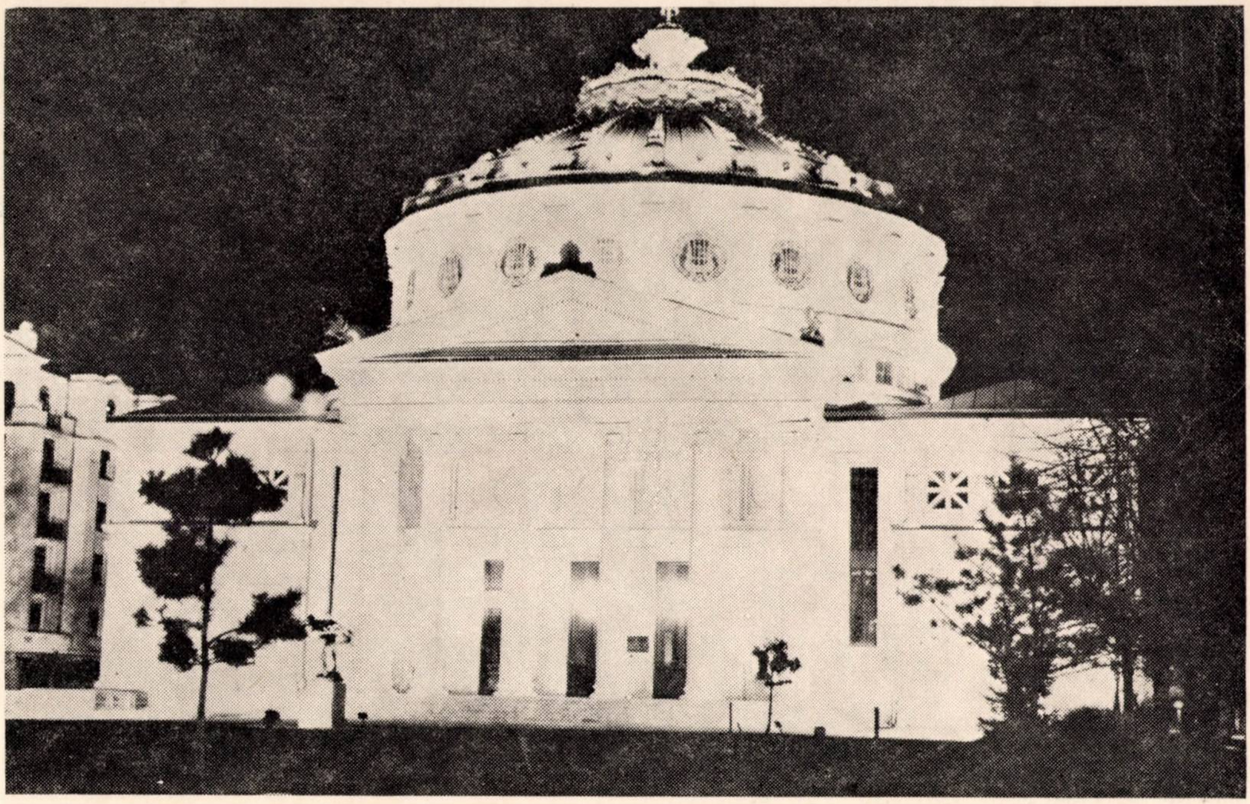
DC 628.974.6

Oprea, A. : **Decorative town lighting**

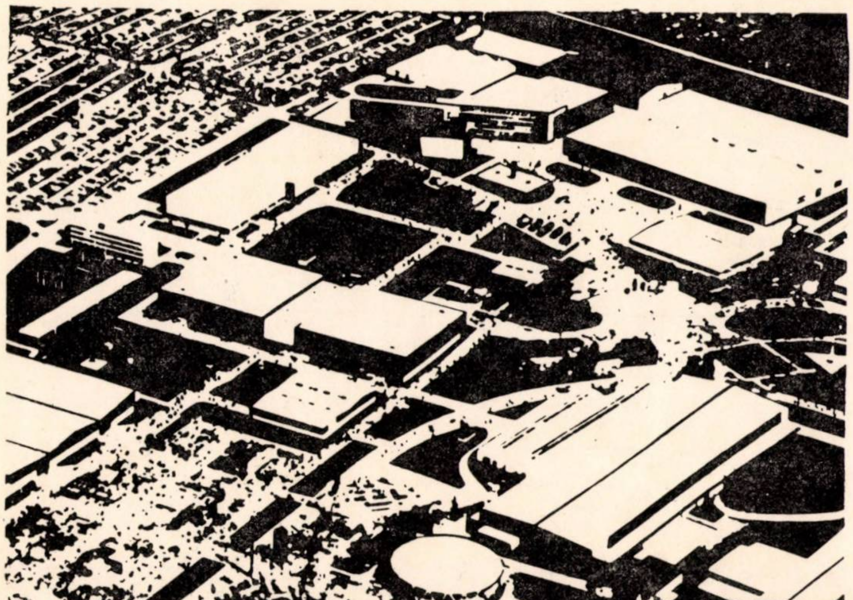
Energetica, 11 (1963), no. 4 p. 179—190

DOCUMENTATION ● REPORTS

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883



Întreprinderea de Distribuire a Energiei Electrice din Bucureşti — iluminat public -- Ateneul R.P.R.



HANNOVER MESSE

1963 28 aprilie – 7 mai

20 PAVILIOANE SPECIALIZATE ÎNTR-UN MARE TÎRG DE MOSTRE

Astfel denumeşte ziarul „Göteborg's Handelsoch Sjöfarts-Tidning" tîrgul de mostre de la Hanovra, iar ziarul „Frankfurter Allgemeine Zeitung" afirmă că este un tîrg internaţional complet. Exponatele prezentate la acest mare tîrg sînt reprezentative atît sub aspectul varietăţii sortimentelor expuse, cît şi din punct de vedere teritorial.

Printre cei 4 400 expozanţi germani şi 1 100 expozanţi din alte 25 ţări industriale ale Europei şi Americii de Nord, se află firme de mare prestanţă. Ele sînt larg reprezentate la tîrgul de la Hanovra prin intermediul organizaţiilor lor comerciale, ca şi întreprinderile mijlocii de altfel (care reprezintă ponderea cea mai mare a expozanţilor) şi întreprinderile mici cu un grad avansat de specializare a producţiei.

Timp de 10 zile, 40 000 tehnicieni şi reprezentanţi comerciali stau la dispoziţia celor interesaţi pentru prezentarea instalaţiilor, agregatelor şi bunurilor de consum expuse în standuri şi pe terenurile expoziţiei.

Această expoziţie prilejuieşte întîlniri cu reprezentanţii autorizaţi ai firmelor expozante, ale căror rezultate se fac cunoscute atît la Tîrgul de mostre din Hanovra cît şi după închiderea lui.

PRODUCE

— tuburi fluorescente de 20, 40 şi 65 W în toate culorile uzuale (alb, alb lumina zilei, alb de lux şi alb cald de lux)
— lămpi fluorescente cu vapori de mercur de înaltă presiune de 80, 125, 250 şi 400 W, precum şi balasturile necesare
— startere şi balasturi pentru tuburile fluorescente

— reclame şi firme luminoase în culori variate
— lămpi de semnalizare cu neon
— lămpi de heliograf
— corpuri de iluminat fluorescent pentru interior şi exterior
— corpuri de iluminat fluorescent ornamentale şi corpuri etanşe
— întreruptoare cu mercur
— încercătoare de tensiune tip şurubelniţă

RECLAME SI FIRME LUMINOASE

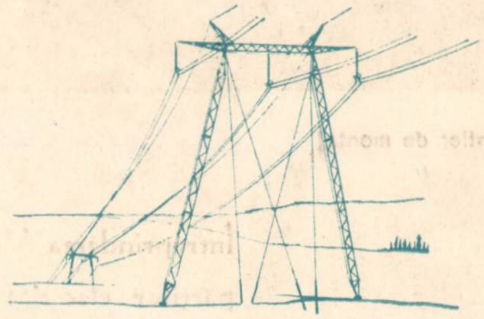
I.I.S. ELECTROFAR, FABRICĂ DE LĂMPI FLUORESCENTE ŞI ARTICOLE ELECTROVID
BUCUREŞTI — STR. PARÎNGULUI Nr. 76 — RAION GRIVIŢA ROŞIE
TELEFON: centrală 17.51.00 ● Serviciul vînzări 17.34.89 ● Secţia neon 18.66.14

E 2039

R

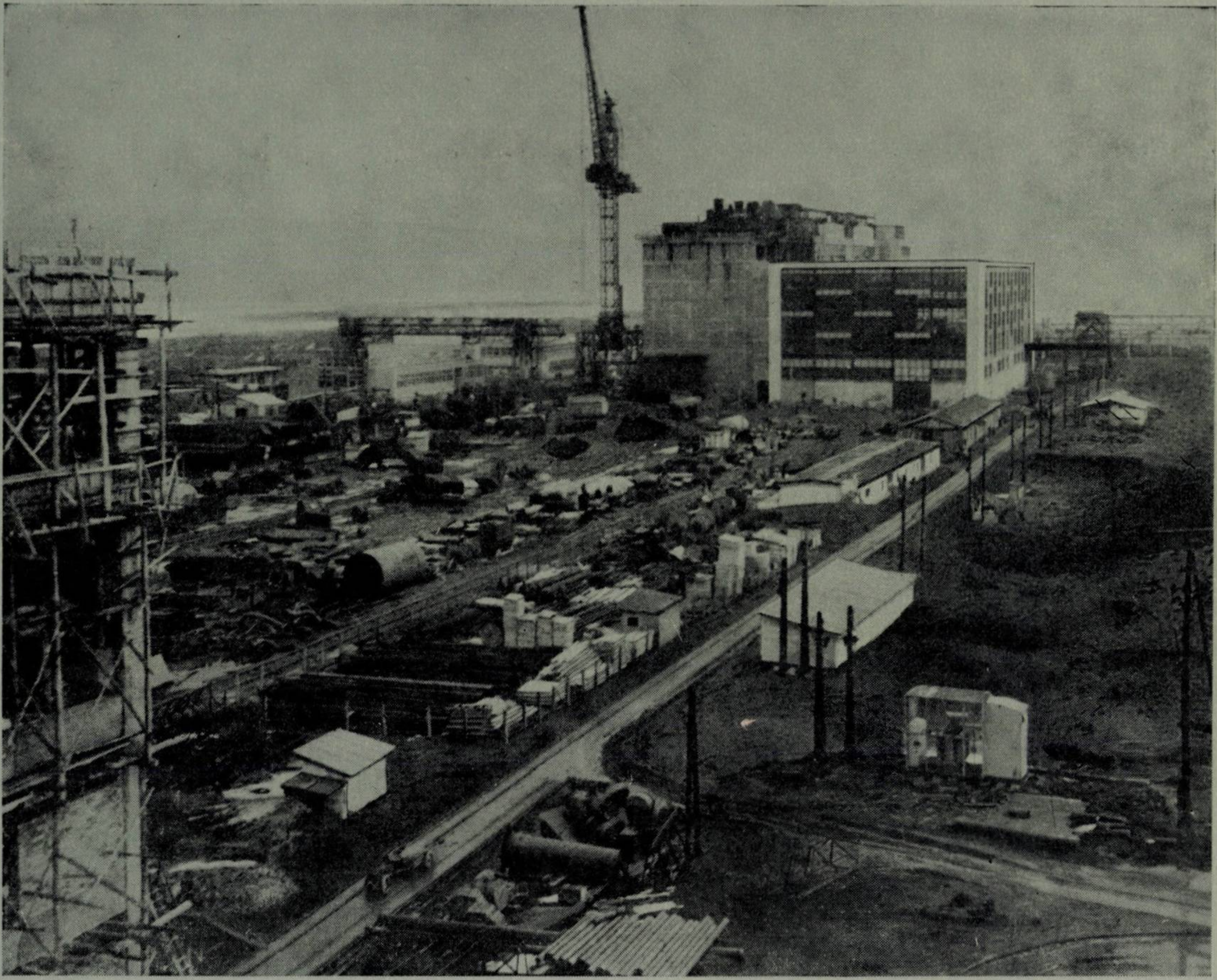
ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 5 ★ ENERGETICA



5

BUCUREȘTI ★ MAI ★ 1963



Aspecte dintr-un şantier de montaj

IMCE

Întreprinderea Montaje Centrale Electrice execută montarea părţilor electrice şi mecanice din centralele termoelectrice, de termoficare şi hidroelectrice, contribuind prin aceasta la realizarea planului de electrificare a ţării. În cadrul acestei sarcini, întreprinderea a efectuat lucrări de mare importanţă la CHE „V. I. Lenin"-Bicaz, CTE Ovidiu, CTE Doiceşti, CET Borzeşti şi altele.

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 5 MAI 1963

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

CUPRINS

CZ 620.9.061 (100) WPC 1962

Groza, O. şi *Mihăileanu, C.* : **Lucrările celei de-a 6-a sesiuni plenare a Conferinţei Mondiale a Energiei**

Energetica *11* (1963), nr. 5, p. 193–224

CZ 620.97.061 (100) Roma 1961

Bernfeld, D. : **Importanţa resurselor energetice neclasice în lumina lucrărilor primei Conferinţe pentru utilizarea noilor surse de energie, de la Roma**

Energetica *11* (1963), nr. 5, p. 225–229

CZ 662.61.061 Dresda 1962

Pănoiu, N. şi *Carabogdan, I.* : **Aspecte de la cel de-al 6-lea colocviu al organizaţiei ştiinţifice „Brennstofftechnische Gesellschaft in der D.D.R.", ţinut la Dresda (noiembrie 1962)**

Energetica *11* (1963), nr. 5, p. 229–233

CZ 621.311.1. (42)

Rothman, A. : **Stadiul actual şi dezvoltarea sistemului energetic englez**

Energetica *11* (1963), nr. 5, p. 233–238

RECENZII

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** acad. prof. ing. **M. BERCOVICI,** laureat al Premiului de Stat, conf. ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția : București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația : „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : „IPROMIN"—Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B.I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică nr. 2 București — c. 1522

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 11
1963
Nr. 5
MAI

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Lucrările celei de-a 6-a sesiuni plenare a Conferinţei Mondiale a Energiei

Ing. *OCTAVIAN GROZA* şi ing. *CĂLIN MIHĂILEANU*

1. Organizarea şi obiectivele Conferinţei Mondiale a Energiei

Conferinţa Mondială a Energiei (prescurtat W.P.C. *) este o organizaţie tehnico-ştiinţifică internaţională. Ea are caracter neguvernamental, legătura fiecărei ţări membre cu Biroul central, care are sediul la Londra, făcîndu-se prin intermediul unui comitet naţional al W.P.C. în ţara respectivă.

Comitetul naţional romîn al W.P.C. are ca preşedinte pe conf. ing. N. Gheorghiu, adjunct al ministrului minelor şi energiei electrice; ca vicepreşedinte — pe prof. ing. C. Dinculescu, membru corespondent al Academiei R.P.R., rectorul Institutului politehnic din Bucureşti, şi ca secretar — pe prof. ing. I. D. Stăncescu, din Direcţia electrificării a Ministerului Minelor şi Energiei Electrice.

Din comitet fac parte, ca membri, specialişti din diferite instituţii avînd preocupări energetice din ţara noastră.

În prezent, Conferinţa Mondială a Energiei numără 59 de ţări membre. Sesiunile plenare ale W.P.C. se ţin din şase în şase ani; penultima a avut loc la Viena în 1956. Între sesiunile plenare au loc şi sesiuni parţiale; ultimele au avut loc la Belgrad în 1957, la Montreal în 1958 şi la Madrid în 1960. Organul de conducere al W.P.C. este Consiliul executiv internaţional, care se întruneşte aproximativ anual şi ia în discuţie problemele tehnico-organizatorice ale W.P.C., luînd hotărîri în aceste privinţe.

Penultima reuniune a Consiliului executiv internaţional a avut loc la Moscova în în iulie 1961. Obiectivele W.P.C. — astfel cum sînt înscrise în Statutul organizaţiei — sînt următoarele:

„Obiectivele Conferinţei Mondiale a Energiei sînt dezvoltarea şi utilizarea în scopuri paşnice a resurselor energetice spre folosul general — atît în plan naţional cît şi internaţional — prin:

1) Studierea resurselor energetice potenţiale şi a producerii energiei sub toate formele sale.
2) Culegerea şi publicarea de date asupra resurselor energetice şi a folosirii lor.
3) Ţinerea de conferinţe şi participarea persoanelor interesate — sub diferite aspecte — în studierea, dezvoltarea sau utilizarea resurselor energetice".

2. Cea de-a 6-a sesiune plenară a W.P.C. Aspecte organizatorice

La propunerea Comitetului naţional australian al W.P.C., Consiliul executiv internaţional a acceptat invitaţia de a se convoca cea de-a 6-a sesiune plenară în Australia. Aceasta a fost prima oară că o sesiune plenară a W.P.C. a avut loc în emisfera de sud a globului pămîntesc. Sesiunea s-a ţinut la Melbourne, capitala statului Victoria, în clădirile cetăţii universitare, între 20 şi 27 octombrie 1962.

Aspect de la desfăşurarea lucrărilor sesiunii. Prezidiul subgrupei $II.1_1$

1st VICE-CHAIRMAN
K. ADENAUER (D)
CHAIRMAN
O. GROZA (R)
GENERAL REPORTER
E.D.J. STEWART (AUS)
F. KREHULA (AUS

---

* World Power Conference — denumirea oficială în limba engleză.

Tematica celei de-a 6-a sesiuni a fost „Aspecte noi în energetică", subiectele discutate trebuind să scoată în relief schimbările care au avut loc în ultimul timp în tehnica producerii, transformării, transportului şi utilizării diferitelor forme de energie.

Un număr de 1 696 participanţi provenind din 50 ţări au fost înscrişi la sesiune. Din partea ţării noastre, la sesiune a participat o delegaţie compusă din : ing. O. Groza, director al Institutului de studii şi proiectări energetice, conducătorul delegaţiei, şi conf. ing. C. Mihăileanu, din Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice. Au fost prezentate un număr de 208 rapoarte tehnice. Ele au fost împărţite în următoarele grupe şi subgrupe :

Grupa I — Resurse energetice

Subgrupa I.1 — Resurse energetice mondiale.
Subgrupa I.2 — Resurse energetice naţionale.

Grupa II — Producerea şi ameliorarea surselor de energie primară

Subgrupa $II.1_1$ — Combustibili solizi — ligniţi.
Subgrupa $II.1_2$ — Combustibili solizi — huile.
Subgrupa II.2 — Combustibili lichizi.
Subgrupa II.3 — Combustibili gazoşi.
Subgrupa II.4 — Combustibili nucleari.

Grupa III — Transformarea energiei primare în energie secundară şi transport de energie

Subgrupa III.0 — Consideraţii generale.
Subgrupa $III.1_1$ — Energie hidraulică de vîrf.
Subgrupa $III.1_2$ — Energie hidraulică — subiecte generale.
Subgrupa III.2 — Energie nucleară.
Subgrupa $III.3_1$ — Combustibili solizi.
Subgrupa $III.3_2$ — Centrale termoelectrice — proiectare şi exploatare.
Subgrupa III.4 — Combustibili lichizi.
Subgrupa III.5 — Combustibili gazoşi.
Subgrupa III.6 — Energie geotermică.
Subgrupa III.7 — Energie solară.

Grupa IV — Utilizarea energiei primare şi secundare

Subgrupa IV.0 — Consideraţii generale.
Subgrupa $IV.1_1$ — Utilizări în industria siderurgică.
Subgrupa $IV.1_2$ — Termoficare industrială.
Subgrupa IV.3 — Utilizări în transporturi.
Subgrupa IV.4 — Utilizări în mediul rural.

Grupa V

Subgrupa V. 1 — Comparaţia economică a diferitelor surse de energie

Rapoartele prezentate în subgrupe au fost centralizate şi studiate de un raportor general, ajutat de unul sau doi adjuncţi, specialişti australieni din domeniul respectiv, care au întocmit un raport general al subgrupei respective, în care se rezumau aspectele mai importante conţinute în rapoarte şi se stabilea o listă de cîteva subiecte de actualitate asupra cărora se propunea să fie purtate discuţiile.

Fiecărui participant la sesiune i s-a trimis, cu aproximativ o lună înainte de sesiune, un set complet de rapoarte, inclusiv rapoartele generale.

Comitetul naţional romîn a prezentat la sesiune trei rapoarte, şi anume :

— F. Iorgulescu şi A. Diacon — „Consideraţii în legătură cu folosirea resurselor hidroenergetice ale Republicii Populare Romîne în perioada 1961—1980".
— I. D. Stăncescu şi M. Voinea — „Rolul termoficării în energetica Republicii Populare Romîne".
— N. Pănoiu, I. Carabogdan, G. Singer, I. Nistor şi C. Ionescu — „Consideraţii privind arderea ligniţilor din R.P.R.".

Deoarece rapoartele romîneşti au ajuns cu întîrziere, ele nu au mai putut fi tipărite înainte de sesiune şi nu au fost prinse în rapoartele generale; totuşi ele vor figura în volumele conţinînd rapoartele prezentate la conferinţă şi care vor fi publicate ulterior.

Şedinţele tehnice au constat doar din discuţii asupra rapoartelor care se presupunea că fuseseră studiate în prealabil de participanţi. Persoanele care doreau să ia cuvîntul trebuiau să depună cu 48 de ore înainte de şedinţă un formular, în care arătau la care dintre subiectele de discuţie arătate în raportul general doresc să se refere. Totodată, trebuia anexat textul intervenţiei dorite.

În preziua şedinţei subgrupei respective se întrunea biroul, compus din preşedintele şi vicepreşedintele subgrupei (aleşi dintre delegaţii străini), precum şi din raportorul general şi adjuncţii săi (australieni), care examinau cererile de intervenţie, stabilind ce intervenţii merită să fie reţinute, care trebuie prescurtate, fixîndu-se cu precizie de minut persoanele invitate să ia cuvîntul şi ordinea intervenţiilor acestora. Timpul acordat fiecărui vorbitor varia între 2 şi 8 minute. Autorii rapoartelor aveau dreptul să ia cuvîntul o singură dată, dar numai pentru a face completări la raport sau a da răspunsul la observaţiile făcute de alţi vorbitori. Dacă timpul permitea, la finele şedinţei se rezervau 10—15 minute şi pentru intervenţii nepregătite, dar axate tot pe subiectele puse în discuţie. Intervenţii de simplă prezentare de obiective energetice, lucrări etc. nu erau admise.

La începutul intervenţiei fiecărui vorbitor se aprindea o lampă de culoare albă; cu un minut înainte de expirarea timpului programat se aprindea o lampă de culoare roşie, care, dacă expira timpul, începea să pîlpîie, ceea ce însemna că vorbitorul trebuia să-şi încheie intervenţia. Traducerea simultană în cele două limbi oficiale ale conferinţei — engleza şi franceza — era asigurată de traducători de specialitate, în aşa fel încît vorbitorul putea fi ascultat de auditori, prin căşti cu tranzistori, fie în expunerea originală (obligatoriu în una dintre cele două limbi), fie în traducere în cealaltă limbă. Vorbitorilor li se făcea recomandarea de a se exprima în fraze clare, scurte, folosind termeni uzuali și cu o cadență de 100 cuvinte pe minut.

Dacă vorbitorul se grăbea în expunere, traducătorul avea posibilitatea să-l facă atent, printr-un semnal optic la tribună, să micșoreze viteza expunerii.

Cu ajutorul acestor mici detalii tehnice de organizare — de o deosebită importanță pentru buna desfășurare a lucrărilor — a putut fi obținută o respectare perfectă a programului dezbaterilor și asigurarea unei selecții stricte a conținutului intervențiilor.

Delegația romînă a avut trei intervenții în cursul sesiunii, respectiv la subgrupa II.1_1, prin ing. O. Groza, și la subgrupele IV. 1_2 și IV. 4, prin ing. C. Mihăileanu.

Delegația țării noastre s-a bucurat de atenția Comitetului de organizare australian. Astfel, ing. O. Groza — conducătorul delegației — a condus, în calitate de președinte, lucrările subgrupei II.1_1, avînd ca vicepreședinte pe dr. Konrad Adenauer (R.F.G.). De asemenea, la cererea organizatorilor australieni, ing. O. Groza a răspuns, în numele participanților străini la conferință, la salutul rostit de primarul orașului Melbourne la serbarea și recepția oferite de acesta în timpul sesiunii.

În afară de discutarea rapoartelor tehnice pe subgrupe, tot în cadrul ședințelor tehnice au fost prezentate trei conferințe generale, dintre care cea întocmită de K. D. Lavrenenko, adjunct al ministrului construcției de centrale electrice din U.R.S.S., prezentată la sesiune de A. Bescinski, tratînd rolul energeticii U.R.S.S. în cooperarea internațională, a trezit un viu interes în rîndul participanților la conferință.

În timpul și după terminarea conferinței au fost organizate călătorii de studii pe diferite trasee din statele Victoria, Noua Galie de Sud, Queensland și Tasmania, cuprinzînd vizitarea unor obiective energetice importante : centrale termo- și hidroelectrice, exploatări de lignit la suprafață, instalații de preparare a minereurilor, fabrici mari consumatoare de energie etc., precum și locuri de interes istoric și geografic.

Trebuie subliniată, în general, organizarea excelentă a conferinței, atît din punct de vedere tehnic cît și organizatoric propriu-zis, pentru care a fost necesară o muncă pregătitoare de multe luni a unui însemnat număr de persoane coordonate de Comitetul național australian al W.P.C., în frunte cu președintele său, W. Connolly.

În cele ce urmează se vor prezenta aspectele mai importante ce au reieșit din rapoartele și discuțiile fiecărei subgrupe. Lista completă a rapoartelor discutate în cadrul sesiunii este redată la sfîrșitul acestui articol.

3. Subgrupa I.1 — Resurse energetice mondiale

Discuțiile la această subgrupă au fost împărțite în două părți, și anume :

Partea A — în care s-a tratat recensămîntul surselor energetice mondiale întocmit de Conferința Mondială a Energiei, cu excepția capitolelor privind combustibilii lichizi și energia hidraulică.

Partea B — în care s-au tratat capitolele din recensămînt privind combustibilii lichizi și energia hidraulică, precum și cele două rapoarte tehnice (I.1/1 și I.1/2, făcînd parte din această subgrupă).

Partea A

O primă concluzie care s-a degajat la această parte este că producția și consumul de combustibili fosili cresc continuu și că volumul rezervelor cunoscute ce pot fi economic exploatate va crește de asemenea. Consumul crescător de energie se datorește atît creșterii populației globului cît și creșterii consumului de energie pe cap de locuitor.

Echivalentul în cărbune al rezervelor de combustibili fosili ce pot fi, probabil, economic exploatate se poate ridica la circa 700—800 ori echivalentul în cărbune al întregii energii consumate anual, în prezent, în lume. Cu toate acestea este de așteptat ca epuizarea acestor rezerve să aibă loc într-un timp considerabil mai scurt ca 600 de ani.

Un vorbitor a subliniat gradul valabil de încredere cu care trebuie privite diferitele resurse. S-a arătat că este urgent necesară o explorare în continuare și s-a emis părerea că rezervele de combustibili fosili pot fi considerabil mai mari decît cifrele indicate mai sus.

S-a arătat, de asemenea, că consumul va putea crește mult mai repede decît se crede. Totodată, diferitele resurse fosile de energie nu pot fi luate totdeauna în considerare ca interschimbabile, deoarece există aplicații în care o singură formă de energie este cea potrivită. Așadar, deși toate se exprimă pe plan mondial în echivalent cărbune, de fapt aceasta nu se poate face decît pentru o țară anumită, într-o anumită perioadă.

Rezultă în mod hotărît că pentru întregul glob, privit în ansamblu, nu este lipsă de energie; problema este doar de ordin economic. Costurile diferă considerabil în diferite regiuni, datorită distribuției neuniforme a resurselor, și mai ales datorită costurilor importante pe care le are transportul materialelor și al energiei sub diferite forme. Costurile pot fi reduse doar prin creșterea randamentelor și prin elaborarea unor tehnologii îmbunătățite, bazate pe progresul științei și tehnicii. Problema economică a fost subliniată de unii vorbitori care au arătat că nu se poate vorbi de energie în general, ci „la ce preț", „în ce loc" și „în ce timp".

Vorbitorii au arătat distribuția inegală a resurselor de energie, reieșind că cu greu se poate susține că există o țară sau un continent care să posede toate formele de energie esențiale pentru o dezvoltare economică armonioasă. S-a căzut în general de acord că o folosire rațională a tuturor formelor de energie va necesita o colaborare internațională strînsă.

S-a emis propunerea ca să fie întocmite balanțe regionale pe baza cărora să se coordoneze și să se raționalizeze creșterile de consum și de producție; totodată, că un organism potrivit pentru o astfel de acțiune ar putea fi Conferința Mondială a Energiei.

Partea B

Aprecierile făcute în această parte a ședinței au coincis în a considera că recensămîntul resurselor energetice mondiale întocmit de Conferința Mondială a Energiei constituie o lucrare centralizatoare de date, utilă autorităților din industria energetică pentru planificarea producției viitoare și consumului de energie de toate formele. Au fost, de asemenea, făcute unele propuneri de îmbunătățire, precum și sugestii privind metodologia de întocmire și terminologia folosită.

Bescinski (U.R.S.S.) a arătat că potențialul hidroenergetic poate fi determinat cu precizie suficientă și că toate țările lumii ar trebui stimulate să-și determine resursele hidroenergetice mai intens și să revizuiască cifrele din timp în timp.

O propunere a fost făcută în timpul discuțiilor, de a se evalua printr-un studiu posibilitățile de producere a energiei electrice din mările limitrofe diferitelor țări populate, prin formarea de bariere, care să creeze lacuri artificiale. Problema a fost considerată interesantă, deși ridică dificultăți tehnice deosebite atît pentru crearea digurilor-baraj cît și mai ales datorită profilelor noi care vor tinde să se stabilească pe rîurile ce se varsă în aceste mări. A fost citat exemplul Nilului, punîndu-se întrebarea ce s-ar întîmpla dacă digurile sale ar fi deplasate cu o distanță apreciabilă și nivelul de descărcare ar fi coborît cu 100 m. Totodată se ridică problema efectului unor astfel de lucrări asupra ecologiei regiunii afectate.

În ceea ce privește petrolul, punctele de vedere exprimate au confirmat concluziile din raportul I.1/2 privind rezervele de petrol, care au ținut pasul sau chiar au depășit sporirea consumului mondial de produse petroliere. Concluzia generală care s-a degajat este că rezervele de petrol neatacate sînt atît de mari, încît nu există motive de îngrijorare pentru mulți ani de acum înainte.

O discuție interesantă a fost purtată în jurul noțiunilor de „resurse“ și „rezerve“, care în oarecare măsură sînt considerate echivalente. Prof. Friedensburg (R.F.G.) și-a exprimat părerea — însușită de raportorul general — că „resursele“ nu se pot măsura, spre deosebire de „rezerve“. „Rezervele“ constituie inventarul de lucru al energeticienilor, în timp ce „resursele“, care nu se cunosc, nu pot fi exprimate cantitativ.

4. Subgrupa I.2 — Resurse energetice naționale

O primă concluzie care s-a degajat din discuțiile la această subgrupă o constituie limitarea creată de faptul că nu toate țările au prezentat cifre de consum, deci totalul cifrelor prezentate poate duce la concluzii eronate.

Țările care au dat relații cu privire la consumul de energie primară nu reprezintă decît circa 70% din consumul mondial.

Procentul mediu anual de creștere a consumului de energie a fost în perioada 1955—1960 de 3% pentru țările care au prezentat date și de 5% pentru consumul mondial, ceea ce înseamnă că acest procent a fost mult mai însemnat pentru țările care n-au prezentat balanțe pe plan național.

Pentru perioada 1960—1970, țările care au prezentat date de perspectivă reprezintă aproximativ 50% din consumul mondial, și procentul mediu de creștere corespunzător acestora este de 3%.

Printre țările care au prezentat date, S.U.A. intră ca un factor preponderent în balanță și influențează în mare măsură rezultatele, ceea ce are ca efect că tendința generală pe plan mondial privind folosirea diverselor forme de energie să fie determinată de ce se petrece în acea țară.

Rapoartele primite în această subgrupă au fost în număr de 28, provenind de la 27 de țări. Majoritatea rapoartelor dau cifre de consum anual de energie pentru perioada 1955—1960. Multe rapoarte dau previziuni mergînd pînă în 1970 și unele pînă în 1980, deși în privința bazelor acestor prevederi sînt date puține detalii. Se constată, de asemenea, și o lipsă de unitate în ceea ce privește unitățile de măsură și intervalele de timp folosite, precum și clasificarea diferitelor categorii de consumatori. Din cauza lipsei de uniformitate apar dificultăți la tragerea unor concluzii comparative și la stabilirea tendințelor.

În perioada scursă se constată o creștere masivă a schimburilor internaționale de energie. Cauzele cele mai importante ale acestei stări de lucruri sînt :

- creșterea generală a nevoilor de energie ;
- concurența între diferitele tipuri de resurse de energie ;
- îmbunătățirea tehnicii și a economicității transportului de energie ;
- cooperarea internațională pentru amenajarea resurselor energetice și pentru intensificarea schimburilor de energie ;
- consumul din ce în ce mai intensiv sau chiar epuizarea unor resurse energetice naționale.

În lumea capitalistă, concurența între resursele energetice a dovedit o trăsătură obișnuită ce caracterizează piața schimburilor energetice internaționale. Sursele de energie naționale au de suportat în măsură crescîndă nu numai concurența celorlalte surse naționale, ci totodată și sursele de proveniență străină.

Această concurență a fost accentuată de îmbunătățirea posibilităților de transport al combustibililor, ceea ce facilitează schimburile energetice internaționale. Există proiecte pentru construirea unor foarte mari conducte de gaze. Astfel, în rapoartele francez și italian se descrie proiectul unei astfel de conducte din Sahara în Europa, sub Marea Mediterană. Transporturi de gaze lichefiate au fost făcute cu titlu experimental de către vapoare britanice specializate. Ca urmare a fost întocmit un contract pentru importarea unei însemnate cantităţi de metan lichefiat provenind din Sahara, pentru a permite distribuţia orăşenească a 4,5 milioane m^3 pe zi. În Canada, în urma unor studii comparative ale posibilităţilor de transport, s-a tras concluzia că pe distanţe comparabile, vapoarele constituie mijlocul de transport cel mai economic.

În multe ţări, guvernele au fost obligate să admită unor societăţi finanţate cu capital străin să prospecteze şi să exploateze resursele energetice naţionale. Asemenea situaţii sînt descrise în rapoartele din Argentina, Pachistan, Spania şi Turcia. De asemenea se citează schimburi de energie. Conform unui acord încheiat în 1955 şi reînnoit în 1958 şi 1960, Austria va furniza U.R.S.S. 0,5 milioane tone de petrol anual, pînă în 1964. În Canada, producţia de oxid de uraniu este aproape în întregime exportată pe bază de contract. Totodată, gazele naturale din Canada sînt distribuite prin conductă în regiunea de nord-vest a S.U.A., pe litoralul Oceanului Pacific. Bazinul fluviului Columbia este pe cale de amenajare, în colaborare, de Canada şi S.U.A. Reţelele de energie electrică din Danemarca, Norvegia, Suedia şi Finlanda sînt interconectate între ele, spre a permite schimburi de energie. În Federaţia Rhodesia şi Nyassaland, energia electrică este importată din Katanga şi din Mozambic.

În raportul Austriei se semnalează că resursele sale de huilă şi de petrol se vor epuiza într-un viitor mai mult sau mai puţin apropiat, în funcţie de exploatarea resurselor naţionale şi de cantitatea de energie ce va fi importată.

În Elveţia, aproape toate amenajările hidroelectrice rentabile vor fi amenajate pînă în 1970. În mai multe ţări, dintre care Franţa, Italia, Anglia şi R.F.G., procentul în care sursele naţionale intervin în acoperirea consumului intern a scăzut în perioada 1955—1960.

Dacă în privinţa clasificării consumurilor de energie după surse s-a ajuns la o acceptare generală pe plan mondial, nu acelaşi lucru se poate spune despre clasificarea după categoriile de consumatori sau utilizarea finală. Din această cauză, balanţele prezentate de unele ţări pe categorii de consumatori nu pot fi folosite decît din punct de vedere naţional, deoarece nu sînt uniforme în ce priveşte definiţiile şi metodele de prezentare.

Creşterea consumului de energie se face, de obicei, ca o parte a creşterii producţiei globale. Deşi nu s-a stabilit o corelaţie precisă între acestea, prevederile producţiei globale pentru o anumită perioadă pot fi de mare ajutor pentru pregătirea prevederilor de consum energetic pentru aceeaşi perioadă.

Franţa, Italia, R.F.G. şi R.P. Polonă se folosesc de prevederile asupra producţiei globale.

În raportul francez se stabileşte o corelaţie între aceste mărimi pentru perioada 1955—1960, care a fost folosită pentru prevederile nevoilor energetice în perioada 1960—1975. Raportul Italiei indică, de asemenea, legătura între cele două mărimi, care a fost folosită pentru prevederi de viitor. În R.P. Polonă consumul de energie a crescut în perioada 1955—1960 într-o măsură mai mică decît producţia globală.

Indicele privind consumul de energie pe cap de locuitor a fost dat sub forme diferite, ceea ce face ca el să nu poată servi pentru comparaţii. Unele ţări au indicat consumul de energie primară şi altele pe cel de energie electrică.

Următoarele date sînt extrase din rapoarte:

— În Argentina, consumul specific energetic a trecut de la 7,95 Gcal/loc. în 1951 la 9,54 Gcal/loc. în 1958.

— În Australia, consumul global de energie era de 24,8 Gcal/loc. în 1955; el a atins 27,8 Gcal/loc. în 1960.

— În Austria, producţia şi consumul de energie electrică au trecut, respectiv, de la 1,21 şi 1,06 Gcal/loc. în 1954, la 1,94 şi 1,70 Gcal/loc. în 1960, reprezentînd un spor de 60%.

— În Canada, consumul de energie primară era de 41,5 Gcal/loc. în 1955 şi de 43,4 Gcal/loc. în 1960.

— În Federaţia Rhodesia şi Nyassaland, în 1960, consumul de energie electrică era de 0,39 Gcal/loc.

— În Norvegia, producţia de energie electrică a crescut cu 51%, şi anume de la 4,95 Gcal/loc. în 1955 la 7,50 Gcal/loc. în 1960. Procentul populaţiei racordate la reţeaua de energie electrică a crescut de la 96% la 99,1%.

— În R.P. Polonă, consumul global de energie primară a crescut cu 19%, adică de la 15,6 Gcal/loc. în 1955 la 18,6 Gcal/loc. în 1960.

— În Turcia, consumul de energie a trecut de la 1,67 Gcal/loc. în 1955 la 2,0 Gcal/loc. în 1960.

— În S.U.A., consumul de energie primară a fost de 60 Gcal/loc. în 1955 şi 62 Gcal/loc. în 1960.

Situaţia energetică pe plan mondial este exprimată în tabelele 1 şi 2. Tabela 1 arată pentru perioada 1955—1960 consumurile totale de energie în $10^{12} \times$ kcal pentru fiecare formă de energie a ţărilor care au furnizat date; tabela 2 dă prevederile de consum în $10^{12} \times$ kcal pentru perioada 1960—1970.

Paragrafele care urmează caracterizează pe scurt tendinţele ce se manifestă în utilizarea diferitelor forme de energie primară.

a) *Cărbune*

Cărbunele şi-a pierdut din importanţă ca sursă energetică. În ţările care au prezentat rapoarte, acest combustibil — care era principala sursă de energie în 1955 — a trebuit să cedeze locul său produselor petroliere. Energia provenind din cărbune a scăzut de la 38,8%, din totalul energiei consumate de aceste ţări în 1955, la 32,0% în 1960, respectiv — în valori absolute — de la $6\,680 \times 10^{12}$ kcal în 1955 la $6\,430 \times 10^{12}$ kcal în 1960. Pentru numărul şi mai restrîns de ţări care dau previziuni de consum pentru viitor rezultă că este de aşteptat totuşi o creştere a consumului absolut de cărbune în perioada 1960—1970, deşi în procente rolul cărbunelui va continua să scadă.

Cărbunele va continua să fie folosit acolo unde cocsul este necesar şi va fi un concurent serios pentru alţi combustibili în producţia de energie electrică prin centrale construite la gura minei. Totodată, folosirea cărbunelui pentru producţia de gaz de generator descreşte sensibil şi el nu mai intră în considerare pentru industria transporturilor, care cunoaşte o largă dezvoltare.

Rezultă o tendinţă clară pentru energia produsă din cărbune, de a furniza o proporţie din energia totală consumată mai mică decît în trecut.

b) *Produse petroliere*

Produsele petroliere au crescut în importanţă ca sursă energetică, şi în ţările care au prezentat date ele au furnizat 33,7% din totalul energiei în 1955 şi 35,3% în 1960. Consumul absolut a trecut de la $5\,790 \times 10^{12}$ kcal în 1955 la $7\,090 \times 10^{12}$ kcal în 1960. Prevederile pentru 1970 arată că este de aşteptat o creştere în continuare a consumului absolut de produse petroliere, în timp ce proporţia reprezentată de această formă de energie va rămîne aproximativ aceeaşi.

Uşurinţa cu care produsele petroliere pot fi depozitate şi transportate prin conducte, căi ferate sau vase din regiunile producătoare în centrele de consum a avut drept consecinţă faptul că această industrie a căpătat un caracter absolut internaţional.

Transporturile rutiere, aeriene, feroviare sau navale, care sînt acţionate aproape exclusiv de produse petroliere, sînt într-o creştere rapidă. Datorită acestei interdependenţe se pare că însăşi proporţia din totalul de energie pe care această formă de sursă îl va acoperi va continua să crească. De aceea procentul aproximativ staţionar care apare în tabela 2 pentru produse petroliere poate să fie explicat prin influenţa hotărîtoare pe care o au S.U.A. asupra prevederilor de consum. Într-adevăr, în S.U.A. procentul ocupat de produsele petroliere a rămas constant (44%) în perioada 1955—1960 şi nu se prevede o creştere a acestuia în continuare. În schimb, în alte ţări, Franţa de pildă, care nu a dat cifre de prevederi pentru viitor, rolul produselor petroliere a crescut de la 25% în 1955 la 30% în 1960.

c) *Gaze naturale*

Ritmul de creştere a folosirii gazelor naturale ca sursă energetică a fost superior tuturor celorlalte forme de energie. Gazele naturale au furnizat 14,4% din toată energia în 1955 şi 17,1% în 1960. Consumul absolut a trecut de la $2\,410 \times 10^{12}$ kcal în 1955 la $3\,390 \times 10^{12}$ kcal în 1960. Prevederile făcute pentru viitor arată o creştere atît absolută cît şi relativă a acestei forme de energie.

S.U.A. sînt principalul consumator de gaze naturale ($3\,260 \times 10^{12}$ kcal în 1960).

Pentru ca gazele naturale să capete cu adevărat un rol de seamă pe piaţa energetică mondială, vor trebui rezolvate problemele tehnice şi de securitate a manipulării şi transportului acestui combustibil.

d) *Energia hidraulică*

Importanţa acestei forme de energie a crescut continuu în perioada 1955—1960 şi se aşteaptă şi în viitor o creştere în continuare, în aşa fel încît va creşte uşor şi în poziţia ei relativă faţă de totalul energiei consumate. În majoritatea ţărilor care au furnizat date, amenajările cele mai interesante din punct de vedere economic au fost deja realizate sau vor fi terminate în 10—15 ani. Cîteva ţări semnalează dificultăţile în procurarea fondurilor.

e) *Energia nucleară*

Deşi producerea de energie utilă din energia nucleară este privită cu un deosebit interes, atît realizările actuale cît şi cele prevăzute pentru perioada pînă în 1970 nu acoperă decît o proporţie infimă din necesităţile de energie ale globului (1% în 1970). Explicaţia stă în faptul că cheltuielile de investiţii pentru centrale nucleare nu au scăzut în măsura în care se sconta, în timp ce investiţiile în centrale clasice au continuat să scadă. Influenţa asupra programului de construcţii de centrale atomoelectrice a fost foarte marcată.

Conform programului nuclear britanic — anunţat în 1955 — urma să se atingă în 1965 în Anglia o putere instalată în centrale nucleare de 1 500—2 000 MW. În martie 1957, această cifră a fost sporită la 5 000—6 000 MW. Dar în octombrie 1957, nevoia de a restrînge investiţiile a obligat la amînarea realizării etapei propuse, cu un an, în 1966. Pe măsură ce posibilităţile de aprovizionare cu combustibili clasici se ameliorau şi preţul kW instalat în centrale clasice scădea, guvernul britanic şi-a revizuit din nou programul şi, în cele din urmă, în 1960 a amînat pentru 1968 darea în funcţiune a 5 000 MW putere instalată în centrale nucleare.

În Anglia, faţă de preţul de 450 $ pe kW instalat realizat la primele centrale nucleare, s-a ajuns la 280 $ pe kW instalat la cea de-a şaptea centrală nucleară, după cinci ani de experienţă. Pe de altă parte, în centralele termoelectrice clasice, preţul kW instalat este în prezent de 110 $. Acestea din urmă au deci un avantaj considerabil, dat fiind că în compoziţia preţului de cost al energiei electrice, cheltuielile fixe intră cu un procent considerabil. Aşadar, pînă în prezent, chiar în Anglia, ţara cu cel mai important program nuclear, energia electrică produsă pe bază nucleară nu poate concura energia produsă din surse clasice.

În S.U.A. există numeroase rezerve de combustibili fosili, şi în consecinţă construcţia de centrale nucleare pe scară largă nu se întrezăreşte. Totuşi, din raportul prezentat de S.U.A. reiese că în 1965 s-ar putea ca centralele nucleare să intre în competiție cu acele centrale termoelectrice care au cheltuielile de producție cele mai ridicate. Ca urmare, ar fi posibil ca o putere nucleară de 5 200 MW să fie în funcțiune în S.U.A. în 1970.

În Canada se construiesc în prezent două centrale nucleare și pînă în 1970 se preconizează darea în funcțiune a unei puteri de 1 000 MW în statul Ontario, pe bază de combustibili nucleari.

Tabela 1

Consumul de energie clasificat pe surse (1955 – 1960)

Anul	Cărbune [1]		Petrol [1]		Gaze naturale [2]		Energie hidraulică [3]		Energie nucleară [3]		Total	
	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%
1955	6680	38,8	5790	33,7	2470	14,4	2260	13,1	—	—	17200	100
1956	6850	38,4	6120	34,3	2650	14,8	2240	12,5	—	—	17860	100
1957	6720	37,0	6160	33,9	2820	15,5	2480	13,6	1,3	—	18180	100
1958	6170	33,6	6480	35,3	2970	16,2	2740	14,9	1,3	—	18360	100
1959	6120	32,1	6820	35,8	3270	17,2	2840	14,9	4,3	—	19050	100
1960	6430	32,0	7090	35,3	3430	17,1	3120	15,5	13,0	0,1	20090	100

NOTĂ. Țările care au furnizat date : Argentina, Australia, Austria, Canada, Chile, Elveția, Finlanda, Franța, R. F. Germană, Irlanda, Israel, Italia, Federația Malaya, Marea Britanie, Maroc, Norvegia, R.P. Polonă, Federația Rhodesia-Nyassaland, Spania, S.U.A., Trinidad, Turcia

[1] Pentru a converti cantitățile de cărbune sau produse petroliere în kcal s-au folosit fie factorii de echivalență citați în rapoarte, fie valorile uzual acceptate.

[2] Echivalent considerat : 9200 kcal/Nm³

[3] 1 kWh = 3630 kcal.

Tabela 2

Consumul de energie clasificat pe surse 1955 – 1970

Anul	Cărbune [1]		Petrol [1]		Gaze naturale [2]		Energie hidraulică [3]		Energie nucleară [3]		Total	
	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%	kcal 10^{12}	%
1955	4580	35,0	5220	40,0	2410	18,4	860	6,6	—	—	13070	100
1960	4170	28,2	6120	41,2	3390	22,8	1146	7,7	13	0,1	14800	100
1965	4590	26,2	7440	42,5	4040	23,1	1360	7,8	80	0,5	17500	100
1970	5290	25,7	8520	41,4	4850	23,6	1680	8,3	210	1,0	20600	100

NOTĂ. Țările care au furnizat date : Argentina, Australia, Chile, Finlanda, Irlanda, Federația Malaya, Marea Britanie, Norvegia, Federația Rhodesia Nyassaland, Suedia.

[1] Idem ca la tabela 1.

[2] Idem ca la tabela 1.

[3] 1 kWh = 3630 kcal pentru perioada 1955 – 1960 și 1 kWh = 3130 kcal pentru anii 1965 și 1970.

În discuțiile purtate în această subgrupă s-a căutat să se precizeze principalele obiective ce se urmăresc în estimarea consumurilor necesare viitoare și să se stabilească pe ce perioade ar fi cel mai indicat să se facă astfel de previziuni. Discuțiile au arătat că prevederile de perspectivă sînt esențiale, întrucît energetica reprezintă un factor de bază pentru majoritatea activităților economice și ea comportă investiții considerabile.

În ce privește producția și consumul de energie electrică, s-a menționat utilitatea unor prevederi de scurtă durată (1—3 ani) necesare pentru planificarea și proiectarea extinderilor în rețele de distribuție. Prevederi de durată mijlocie (4—6 ani) au fost considerate ca necesare pentru planificarea amplificării centralelor și construcției liniilor de transport, iar prevederile de lungă durată (10 ani și mai mult) — ca un ghid general stabilind linia generală de dezvoltare și folosirea rațională a resurselor energetice primare ale țării respective. În cazurile în care se tratează schimburi internaționale de energie sînt necesare planuri de perspectivă de care este absolut nevoie pentru o perioadă de 5—10 ani și folositoare pentru o perioadă de 20 ani.

Un aspect important discutat în legătură cu perioada pe care este de dorit să se întindă prevederile a fost relația între nevoile energetice viitoare pe plan mondial și resursele diferitelor țări. S-a arătat că nu sînt indicii de micșorare a ritmului de creștere a consumului mondial de energie. Regiuni ale globului, cum sînt zona Statelor Unite ale Americii sau Europa occidentală, vor necesita importuri considerabile (în cazul Europei occidentale mergînd pînă la 5% din consumul total de energie al anului 1980) şi că numai energia cerută pentru aceste zone va necesita o creştere a exportului de energie din ţările producătoare de petrol, de la 590 milioane tone de combustibil convenţional în 1960 la 1 250 milioane tone în 1980.

S-a emis părerea că ar fi de dorit ca prevederile de consum să se facă pe trei zone de ţări, care vor putea fi definite precis pînă în 1985. Acestea sînt:

1. Ţări cu o puternică industrie în prezent şi care importă chiar de pe acum o mare parte din necesarul lor de energie.

2. Ţări cu o industrie mai mult sau mai puţin dezvoltată, chemate să alimenteze cu produse petroliere alte ţări şi devenind astfel din ce în ce mai legate de acestea; aceste ţări au astfel o pîrghie prin care pot forţa propria lor dezvoltare mai rapid.

3. Ţări slab dezvoltate şi lipsite şi de resurse energetice, în care industrializarea va depinde în mod obligatoriu de ajutorul străin.

Apare clar caracterul tendenţios al punctelor de vedere arătate mai sus, care au fost exprimate de reprezentanţi ai unor ţări capitaliste interesate în exploatarea ţărilor posesoare de resurse energetice, pe de o parte, şi amatoare de „acordarea de ajutor dezinteresat“ ţărilor slab dezvoltate.

S-a mai arătat că prevederile limitate doar la anul 1970 sînt insuficiente şi că ele trebuie extinse dincolo de acest an. A face prevederi, în special, în ţările care nu au economie socialistă comportă numeroase dificultăţi şi incertitudini, care cresc cu cît este mai lungă perioada asupra căreia se întind. Au fost aduse două contribuţii privind estimarea nevoilor mondiale de energie pentru anul 2000. Prima, presupunînd menţinerea ritmului de creştere a consumului pe cap de locuitor ca în trecut, ajunge la cifra de 18 miliarde tone de combustibil convenţional/an, faţă de consumul existent în lume de 4,7 miliarde tone de combustibil convenţional. A doua, pornind de la presupunerea că ritmul de creştere a consumului total mondial de energie va fi identic cu ritmul de creştere a populaţiei, şi anume creşterea de 1,9% pe an, ajunge la un consum de energie de 9 miliarde tone de combustibil convenţional în 1980. Cu toată diferenţa notabilă a cifrelor la care se ajunge, concluzia care trebuie trasă este că lumea va întîmpina dificultăţi serioase pentru acoperirea necesarului de energie înainte de finele acestui secol, şi de aceea trebuie acordată o atenţie deosebită previziunilor de consum care trebuie revizuite şi corectate continuu. Unii vorbitori au sugerat ca asemenea previziuni să fie examinate colectiv şi că trebuie găsite căile şi mijloacele de a efectua acest lucru pe bază mondială. O astfel de cerinţă reiese şi din importanţa crescătoare a schimburilor internaţionale de energie.

În ceea ce priveşte energia nucleară, s-a apreciat în general că în 1980, dar mai sigur în anul 2000, aceasta va juca un rol de seamă în balanţa energetică mondială.

În fine s-a cerut ca în viitor în statisticile şi lucrările W.P.C. să se exprime energia în kWh la randament de 100%, în loc de tone de combustibil convenţional.

5. Subgrupa II.1_1 — Producerea şi ameliorarea surselor de energie primară. Combustibili solizi — ligniţi

În această subgrupă s-au discutat cinci rapoarte. Raportorul general, referindu-se la perioada 1946—1959, arată că în acest interval de timp, deşi producţia mondială de huilă a crescut cu 50%, ea a scăzut în valoare relativă. În acelaşi timp, producţia de lignit (cărbuni cu putere calorifică inferioară mai mică de 4 610 kcal/kg) a crescut cu 130%, menţinîndu-şi poziţia relativă în balanţa energetică globală mondială. O analiză mai profundă a acestor cifre arată că lignitul joacă un rol important în special în ţările sărace în resurse energetice.

În anumite ţări, disponibilitatea de produse petroliere, de huilă şi de lignit a limitat folosirea acestora din urmă la centrale termoelectrice. În aceste ţări se pun probleme economice complexe, legate de dezvoltarea exploatărilor de lignit, de transportul lignitului pe distanţe limitate şi de calculul dimensiunilor optime ale centralelor. Se semnalează însă şi probleme speciale, cum este, de exemplu, corelarea producţiei de lignit a exploatărilor carbonifere cu producţia de energie electrică a centralelor deservite de acestea. În R.P. Polonă se iveşte o astfel de situaţie într-o centrală mare funcţionînd pe lignit, care în primii ei ani va funcţiona ca centrală de bază, dar ulterior, pe măsură ce se învecheşte, va funcţiona cu un număr din ce în ce mai mic de ore de utilizare, din motive de repartiţie optimă a sarcinii.

În R.F.G. şi în alte ţări, lignitul este ameliorat prin comprimare în brichete în vederea folosirii sale drept combustibil casnic şi industrial. În ţări mai sărace în resurse, sau în regiuni depărtate de surse de combustibili superiori, se elaborează produse complexe lîngă exploatarea de lignit, în vederea producerii de gaze, semicocs, îngrăşăminte sintetice şi alte subproduse ale lignitului brut sau ale brichetelor. În această categorie intră proiectul indian de la Neyveli.

Tendinţa de creştere a consumului de lignit se pare că va continua şi în viitor în Europa, unde R.S. Cehoslovacă va trece de la un consum de 55,5 milioane tone în 1960 la 130,2 milioane tone în 1980, şi R.P. Polonă scontează să treacă de la o producţie de 9,3 milioane tone la 110 milioane tone în aceeaşi perioadă. În Australia, producţia actuală de 14 milioane tone în 1960 urmează să crească la 45 milioane tone în 1980.

În privinţa lucrărilor de extracţie, metodele mecanizate la scară mare sînt din ce în ce mai folosite. Probleme ca: echilibrul între tendinţa de mecanizare pentru a obţine o creştere a productivităţii şi cheltuielile mari de investiţii legate de mecanizare; avantajele pe care le prezintă centrale unitare de dimensiuni foarte mari, alimentate de două sau trei exploatări miniere, comparate cu cheltuielile mai mici legate de furnizarea combustibilului la centrale de mărime mijlocie, construite fiecare la gura minei proprii; dezvoltarea simultană a mai multor cîmpuri de exploatare faţă de exploatarea lor succesivă, —

toate sînt susceptibile de a primi o rezolvare sau alta, în funcție de condițiile economice și sociale, variabile de la țară la țară și de la o perioadă la alta.

Din cauza dimensiunilor mari ale centralelor ce se construiesc în prezent, micșorarea cantității de cărbune consumat de centrală, ce are loc pe măsură ce se învechește centrala și producția ei de energie electrică scade an de an, pe considerente de repartiție optimă a sarcinii, ridică problema menținerii prețului de cost al lignitului la un nivel satisfăcător. Majoritatea țărilor care folosesc lignit pentru centrale electrice se lovesc de dificultatea de a adapta producția uneia sau mai multor exploatări deschise la alimentarea uneia sau mai multor centrale, în condiții în care o centrală consumă, de exemplu, 10 milioane tone de combustibil/an cînd este nouă, cu 30% mai puțin după zece ani de funcționare și cu 50% mai puțin după 20 de ani. Întrucît cheltuielile fixe ale exploatărilor puternic mecanizate intră cu o parte preponderentă în compoziția prețului de cost al tonei de cărbune extras, trebuie luate măsuri speciale pentru a nu se produce o scumpire a cărbunelui și deci și a energiei electrice. O soluție folosită în R.P. Polonă pentru a preîntîmpina o astfel de situație este acceptarea în mod deliberat a unei producții de cărbune planificat descrescătoare în decursul anilor prin renunțarea la acele investiții care ar fi necesare pentru menținerea cifrelor de producție ale minei la valoarea inițială.

În ce privește raportul între grosimea stratului de lignit și cea a stratului de steril, care îl acoperă, proiectele de viitor prevăd pentru R.F.G. o cifră de 1 : 4, față de 1 : 1,5 în prezent la ligniți de calitate inferioară. În R.S. Cehoslovacă, cifra de viitor este de 1 : 3,8, iar în R.P. Polonă pentru ligniți de calitate superioară se consideră că chiar exploatarea unor mine cu raportul 1 : 10 este încă interesantă.

Deschiderea de noi cîmpuri de exploatare și necesitatea de a folosi la maximum pe cele existente au ridicat probleme tehnice legate de caracteristicile fizico-chimice ale lignitului, de problemele carbonizării acestuia și de alte utilizări secundare. Din aceste motive, cercetarea consacrată acestor probleme a crescut în ultimii cinci ani, și o cunoaștere mai adîncă a caracteristicilor lignitului a sporit importanța explorării și a studiilor geologice. A devenit limpede că atît natura formației geologice a lignitului cît și petrografia sa și legăturile cu chimia cenușilor fac absolut necesară colaborarea geologilor și chimiștilor în timpul studiilor pentru un proiect.

În țările sau regiunile în care combustibilii fosili de calitate superioară sînt disponibili la preț redus se întîmplă rar să se valorifice lignitul prin brichetare, prin procedee de uscare sau alte metode.

În regiunile în care singurele surse locale de combustibil sînt ligniții inferiori sau turba este adesea economic util să se amelioreze acești combustibili prin brichetare sau uscare pentru utilizări casnice, industriale sau ardere în centralele electrice care nu sînt depărtate, dar nu dispun de altă sursă de combustibil mai economică. Deși utilizarea lignitului sub formă de brichete nu este aptă de a juca un rol important în perspectivă, ea reprezintă pentru anumite țări o soluție economică (Rapoartele II.1_1/2 și II.1_1/4). În ceea ce privește metodele de brichetare a lignitului, s-au produs puține schimbări în cursul ultimilor 20 de ani, progresul limitîndu-se la o îmbunătățire progresivă a diverselor tehnologii și a echipamentelor folosite în acest scop.

6. **Subgrupa II.1_2. Producerea și ameliorarea surselor de energie primară și secundară. Combustibili solizi — huile**

Combustibilii solizi de tipul huilelor au fost cel mai puternic afectați în perioada scursă de ofensiva economică a produselor petroliere și a gazelor. Ca urmare, în lumea capitalistă au avut loc dificultăți foarte mari : crize, șomaj, care au înrăutățit starea materială a muncitorilor din această ramură industrială și au condus la înrăutățirea balanței de schimburi a țărilor mari producătoare de cărbune. În plus, a apărut concurența cărbunilor americani pe piața vest-europeană, care a agravat și mai mult situația din aceste țări.

Pentru a face față situației create, organizarea rațională a minelor s-a orientat spre dezvoltarea modernă a noilor mine importante în regiunile carbonifere amplasate favorabil și spre reorganizarea și mecanizarea punctelor de exploatare care se pretează la astfel de măsuri, în timp ce punctele dificil exploatabile sau nerentabile au fost abandonate.

În U.R.S.S. producția globală de huilă a crescut în 1960 la 513 milioane tone, față de 29,1 milioane tone cît era în 1913. U.R.S.S. ocupă astfel primul loc în lume, rezervele sale fiind de $8{,}67 \times 10^{12}$ tone, din care 63% cărbuni grași și 37% ligniți. Huila ocupă primul loc în balanța energetică a Uniunii Sovietice, atît în ceea ce privește producția cît și consumul, Partea revenind cărbunelui în producția de energie era de 65% în 1955, a devenit 54% în 1960 și va fi de numai 43% în 1965. Această scădere relativă a părții ocupate de cărbune în producția energetică globală se explică prin noua orientare a politicii energetice sovietice, care favorizează dezvoltarea rapidă a producției și consumului de petrol și gaze naturale, avînd loc totuși și o creștere a producției de huilă, în așa fel încît reducerea părții proporționale a cărbunelui în balanța energetică nu se va traduce și printr-o reducere a producției de huilă. Din 1955 pînă în 1960, această producție a crescut cu 122 milioane tone și ea va continua să crească pînă în 1965 cu încă aproximativ 100 milioane tone.

În S.U.A. industria carboniferă se îndreaptă spre o mărire a mecanizării și productivității. În 1960, cărbunele extras prin încărcare mecanică a reprezentat 92%, iar partea tratată prin spălare mecanică 68%. Producția de cărbune pe om și zi a atins 12 tone în medie. În cursul anului 1960, sectorul energiei electrice, care rămîne consumatorul cel mai important al industriei carbonifere, a absorbit 159 milioane tone cărbune la prețul de vînzare de 6,95 $

pe tonă, ceea ce reprezintă o scădere de 1,7% a prețului față de 1959.

În Australia, organizarea rațională prezintă, ca exemplu, dezvoltarea a trei noi exploatări în subteran ca singură sursă de combustibil pentru o mare termocentrală. În trecut, planificarea și dezvoltarea exploatărilor carbonifere aveau loc în funcție de posibilitățile pieței. În anii 1955 și 1958, Comisia de electricitate a statului New South Wales a cumpărat acțiunile a trei societăți carbonifere și și-a creat astfel posibilitatea de a dirija dezvoltarea exploatărilor carbonifere în funcție de necesitățile centralelor electrice existente sau ale centralelor proiectate.

În Belgia statisticile arată o reducere a producției de cărbune între anii 1955 și 1960, însoțită de o reducere a prețurilor. Organizarea a evoluat în sens negativ în exploatările carbonifere, numărul punctelor de exploatare scăzînd de la 127 la 75 și producția de la 30 la 22 milioane tone. A avut loc o reducere de personal, ca urmare a concedierilor în masă, micșorîndu-se personalul de subteran de la 109 640 în 1955 la 82 738 în 1960.

În Japonia, în cursul perioadei 1950—1960, producția națională a crescut de 3,64 ori, fiind însoțită de o creștere a nevoilor energetice cu un ritm de creștere anual de 9,1%. Cu toate acestea, huila n-a mai păstrat aceeași proporție în balanța energetică națională, în principal din cauza concurenței cauzate de produsele petroliere cît și din cauza dificultăților tehnico-economice de a exploata straturile de cărbune în Japonia.

În Germania, timp de 25 de ani a existat o nevoie sporită de cărbune. Din 1958 au apărut pe piață petrolul și cărbunele de origine străină, care au provocat acumulări excedentare la suprafață. Producția a trebuit să se orienteze spre o soluție economică, restrîngîndu-și activitatea spre a face față concurenței, iar producția minelor rămase în funcțiune a trebuit să fie plafonată.

Organizarea rațională a producției rămîne o problemă de importanță primordială, deoarece, pe măsură ce rezervele se epuizează și extracția continuă la o adîncime crescîndă, condițiile de lucru devin din ce în ce mai grele, săparea galeriilor din ce în ce mai costisitoare, ca și echipamentul de extracție ; roca exercită o presiune din ce în ce mai mare și ventilația este din ce în ce mai grea.

În aceste condiții este normal ca, în ultima vreme, cercetătorii să-și fi îndreptat atenția spre posibilitățile de utilizare a electronicii și în industria carboniferă. Condițiile cu totul dificile existente în industria minieră au făcut ca pînă în 1960 electronica să nu fie introdusă în aplicații subterane decît în măsură nesemnificativă. O dată, însă, cu apariția tranzistorilor au fost transformate radical, în sens favorabil, posibilitățile de aplicare a electronicii în industria minieră. Explicația acestui fapt constă în următoarele proprietăți ale tranzistorilor față de tuburile electronice :

— Tuburile sînt fragile; un tranzistor poate, dimpotrivă, rezista la o accelerație de 1000 ori cît a gravitației (1000 g), deci la șocuri violente.

— Tranzistorii permit miniaturizarea, deci reducerea gabaritelor și greutăților echipamentelor.

— Față de gazul de mină, tuburile sînt periculoase din două motive : a) tensiunile de alimentare sînt relativ ridicate, de ordinul a 100 V ; b) filamentul incandescent poate de naștere la explozii în caz de spargere a tubului. Din aceste motive nu este posibil să se integreze montaje electronice cu tuburi în circuite zise cu securitate intrinsecă și trebuie să se recurgă la carcase antideflagrante, care sînt grele și ancombrante.

Tranzistorii, dimpotrivă, funcționează la rece și sub tensiuni de 1—10 V, pentru care se pot realiza relativ ușor circuite cu securitate intrinsecă.

Tehnica circuitelor imprimate, asociată cu folosirea tranzistorilor, aduce un supliment de robustețe și are avantajul etanșării la praf, prin impregnare într-o rășină polimerizată de tipul epoxidic, de exemplu, pentru a asigura și nepenetrarea umezelii.

— La aceste avantaje se adaugă avantaje tehnico-economice : randamentul energetic al tuburilor amplificatoare este foarte coborît ; tuburile clasice consumă 2 W pentru încălzire pentru a emite un semnal de 1 mW. Tranzistorul, dimpotrivă, nu are curent de încălzire, și curentul său permanent poate fi ajustat exact la nivelul necesar, de exemplu 1 mA sub 1 V, deci 1 mW. În aceste condiții, alimentarea cu energie se poate face de la pile, care au o durată lungă de funcționare.

— Durata vieții unui tranzistor este extrem de lungă ; există în prezent montaje experimentale în subteran care funcționează zi și noapte neîntrerupt de patru ani, adică 35 000 de ore ; un tub obișnuit are o durată medie de 2000 ore.

— În fine, costul unui montaj tranzistorizat este însă superior unuia cu tuburi electronice. Pe de o parte, însă, acest decalaj de cost se micșorează an de an ; pe de altă parte, accesoriile (de exemplu sursele de alimentare) costă mult mai puțin în montaje tranzistorizate.

Se poate, deci, afirma că trecerea de la tubul electronic la tranzistor va avea efecte revoluționare asupra industriei miniere.

În cele ce urmează se citează patru tipuri de aplicații ale electronicii, care sînt în curs de cercetare experimentală pentru introducere pe scară industrială.

a) *Telecomunicații*

Telefonul clasic are posibilități limitate : punctele nevralgice ale exploatării se deplasează zilnic și ele trebuie completate cu dispozitive mobile.

Instalații de telecomunicații prin înaltă frecvență încep să se răspîndească în mine. În lipsa unor transmisii radiofonice prin cablu hertzian, care nu se pot introduce din cauza obstacolelor constituite de teren, se pot folosi transmisii prin curenți purtători, fie pe conductori speciali constituiți dintr-un cablu izolat, fie prin conductorii existenți pentru alte scopuri (cablu de alimentare cu energie electrică, cordon de sonerie etc.), la care instalația se cuplează fără branșament electric. Acest cuplaj poate fi capacitiv, în cazul aparatelor numite gigafoane sau picofoane, și care au început să fie fabricate în 1961, sau inductiv, în cazul altor tipuri de echipament.

Trei domenii de aplicații au fost studiate :

1. Transmisii în abataj : o rețea comportă mai multe emițătoare-receptoare semifixe, puternice, cu recepție în difuzoare, amplasate, de pildă, în frontul abatajului, în coada acestuia și în punctul de încărcare, și mai multe emițătoare-receptoare de buzunar, ușoare, purtate de personalul de supraveghere. Acesta poate fi, astfel, informat rapid asupra tuturor incidentelor și să ia măsurile de rigoare. Deplasările sale se reduc, și la cîștigul de timp se adaugă și o reducere a efortului fizic în straturile subțiri, deci un randament mai bun al muncii de supraveghere.

2. Transmisii între locomotivele electrice de mină: semnalele trec prin firul de cale, aparatele făcînd uz cel mai adesea de modulația în frecvență pentru a limita importanța paraziților. În cazul locomotivelor Diesel, curenții sînt induși într-un cablu special instalat în galerie.

Aceasta este una dintre aplicațiile cele mai vechi ale electronicii în mină. Aparatele cu tuburi erau, însă, grele și ancombrante. Aceste inconveniente dispar o dată cu introducerea tranzistorizării. Este inutil să se sublinieze sporul de randament și de securitate adus de aceste echipamente asupra transportului interior în mină.

3. Transmisii în puțul de mină, între ascensor și mașina de ridicat ; ele ușurează mult munca de întreținere a puțului, măresc securitatea și rapiditatea manevrelor.

b) *Telemăsură și telesemnalizare*

Măsura automată la distanță a procentului de gaz de mină este de mare interes.

Un grizumetru portativ, manipulat de personalul de inspecție, constituie un progres remarcabil față de măsurarea cu ajutorul unei lămpi cu flacără ; el este azi precis și nepericulos, dar nu dă indicații decît acelora care vor să se informeze, și acestea incomplete și la intervale distanțate în timp.

Din toate punctele de vedere va fi mai puțin periculos să se constate un procent de gaz de 2% într-un punct unde aerul este analizat automat și practic în mod continuu decît să se găsească 1% sau 1,5% într-un punct controlat manual, o dată pe schimb. Observîndu-se o evoluție care va putea fi corelată cu un ciclu de exploatare sau cu alte fenomene, cum sînt variațiile presiunii atmosferice, se vor putea lua măsuri de protecție mai eficace prin metode mai fine decît adoptarea unor limite de securitate excesive, fixîndu-se procente normate reduse.

În acest scop a fost pus la punct un dispozitiv simplu de telemăsurare, destinat supravegherii atmosferei în minele cu degajare instantanee : captorul este la locul de muncă, indicatorul într-un punct central, și se efectuează telemăsură la cerere, în anumite momente ale ciclului de exploatare, neapărat după explozii, înainte de a se trimite din nou la locul de muncă echipa sau înainte de a efectua explozii în puncte învecinate.

Captorul este constituit dintr-o punte Wheatstone, comportînd două filamente, dintre care unul catalizează combustiunea metanului ; ridicarea temperaturii acestui filament dezechilibrează puntea. Un dispozitiv de codare traduce acest dezechilibru într-o variație de frecvență : în cazul absenței gazului, dispozitivul de codare trimite un semnal de 10 000 Hz ; această frecvență scade în prezența gazului și devine de 6000 Hz cînd există un procent de 4% gaz în atmosferă.

Această schemă, relativ complicată, este necesară din cauza dificultății de a menține în stare perfectă o linie electrică în subteran. Ea permite să se folosească o linie de transmisie de calitate submediocră (rezistență mai mare de 2 000 ohmi, rezistență de izolație mai mică de 500 ohmi), deoarece frecvența semnalului nu este alterată de pierderile în linie. Dacă linia este defectă, semnalul nu se mai primește.

Dispozitivul de decodare este un simplu frecvențmetru gradat în procente de gaz.

Mai recent, același aparataj a fost folosit pentru a realiza un post central de înregistrare : un aparat înregistrator cu 12 mărimi interoghează succesiv 12 captoare și fixează astfel pe hîrtie, la fiecare cinci minute, procentul în 12 puncte ale minei. Instalația se poate completa cu un semnal de alarmă funcționînd cînd procentul depășește un anumit prag. Se poate imagina și o reducere a intervalelor de măsură cînd se manifestă o variație anormală.

Telemăsurile se pot aplica și altor mărimi: viteza unui curent de aer, cantitatea de praf într-o galerie, puterea consumată de o mașină, deformarea unui perete etc.

Prin generalizare, la fel cum în majoritatea uzinelor există puncte de comandă și control care permit să se cunoască centralizat toți factorii producției, se pot organiza și în mine instalații similare, în timp ce înainte nu se putea întrevedea instalarea în toate punctele mobile de lucru a unor aparate înregistratoare scumpe și ancombrante sau linii cu izolație în bună stare, ușor de întreținut. În toate cazurile regăsim un captor urmat de un emițător (amplificator sau dispozitiv de codare), care trimite un semnal în linie — care poate fi unică sau un cablu coaxial, prin care se transmit semnale multiple cu ajutorul unei tehnici de multiplexare de tipul folosit curent în telecomunicații.

c) *Telecomenzi*

Aplicațiile electronicii în telecomenzi sînt de-abia într-o fază inițială, dar se dezvoltă rapid. S-au realizat instalații de telecomandă aplicabile la o mașină de havat sau la orice mașină analogă.

Operatorul mașinii are asupra lui un emițător, a cărui undă purtătoare este emisă continuu și poate fi modulată la frecvențe diferite. Receptorul este situat la baza mașinii și comportă relee precedate de filtre de joasă frecvență. Aceste relee, care acționează în momentul în care emisia este modulată la frecvența corespunzătoare, comandă funcțiunile dorite, funcţionarea sau oprirea havezei, creşterea sau scăderea vitezei de lucru a maşinii etc. Dacă unda purtătoare dispare, ca urmare a unei defecţiuni în instalaţia electronică, curentul se întrerupe la toate motoarele ; în felul acesta se obţine o securitate pozitivă a instalaţiei.

Cu un astfel de dispozitiv, minerul trebuie să-şi vadă mereu maşina. Totuşi, această distanţă este suficientă pentru a mări mult securitatea sa faţă de eventualele dislocări de blocuri, faţă de respirarea prafului, care produce silicoză, şi pentru a micşora efortul fizic.

d) *Recunoaşterea terenului*

Prezenţa omului lîngă maşină este pînă aici necesară pentru a o ghida în direcţia în care ea trebuie să atace masivul. Dar se întrezăreşte momentul în care va putea fi altfel, graţie electronicii, cu ajutorul căreia se pot realiza următoarele soluţii :

1. Aparate de televiziune industrială, montate pe maşină, permit o aşezare teoretic la distanţă. Adaptarea lor nu ridică nici o problemă, dar iluminarea necesară a locului de muncă necesită puteri importante la care nu există securitate absolută contra exploziei şi, pe de altă parte, praful de cărbune se aşază pe fereastra camerei de luat vederi.

Televiziunea industrială permite supravegherea de la distanţă a punctelor de încărcare a cantităţilor extrase etc. în puncte unde personalul nu este indispensabil sau este prost folosit. Supravegherea simultană a mai multor puncte de încărcare prin telecomanda operaţiilor, umplerea de la suprafaţă a unui schip în subteran sînt tot atîtea mijloace de a reduce personalul.

2. O altă soluţie constă în folosirea izotopilor radioactivi.

Terenurile huilifere — cărbune şi steril — difuzează în mod diferit o emisie de raze gamma. Încă din 1956 a fost imaginată folosirea unui cap căutător, comportînd o capsulă radioactivă, un blindaj şi un contor Geiger, care, legat la un integrator electronic, indică dacă terenul este constituit din cărbune sau din şist. Se poate deci concepe o maşină care să se ghideze automat, fără nici o supraveghere umană. Studiul unor astfel de dispozitive este în curs în diferite ţări. Avantajul unei astfel de automatizări ar depăşi economia de manoperă în abataj; lucrările de susţinere ar putea fi făcute mai uşor şi deci mai economice.

Fără îndoială că la început se va folosi dispozitivul indicator doar pentru informaţii asupra naturii terenului. Ulterior se vor putea include în schema de comandă a maşinii circuite închise de reglare automată, care să transforme indicaţiile în comenzi ale maşinii.

Din cele patru categorii de aplicaţii descrise mai sus se vede că electronica poate ajuta la obţinerea treptată a unei automatizări complexe în mină : ieri minerul trebuia să-şi conducă maşina manual, astăzi el poate, conform unor instalaţii realizate cu caracter experimental, să o conducă de la o distanţă mică, observînd-o ; deja se realizează în laborator dispozitive pentru a putea fi condusă de la depărtare, fără a fi văzută direct, şi se imaginează că în viitor va putea funcţiona singură.

Dacă această ultimă etapă va fi sau nu realizată, se va hotărî nu numai pe considerente tehnice. Automatizarea completă este foarte scumpă şi ea nu se face de dragul automatizării, ci numai dacă se justifică economic. Măsurile preconizate, însă, mai sus, şi care au început să fie aplicate, conduc desigur la o reducere a preţului de cost şi la o mărire a productivităţii muncii, precum şi la o concepţie nouă asupra exploatării şi securităţii în subteran. Ele vor da, de asemenea, un aspect modern şi mai confortabil muncii minerului şi vor influenţa favorabil asupra părerii pe care şi-o formează despre această profesiune atît cei din interiorul cît şi cei din afara minei.

7. Subgrupele II.2 şi III.4 — Producerea şi ameliorarea surselor primare de energie şi transformarea energiei primare în energie secundară. Transport de energie. Combustibili lichizi

În aceste subgrupe au fost discutate şase rapoarte tratînd subiecte variate în domeniile : explorării, producerii, transformării, transportului şi distribuţiei petrolului. Ca trăsătură comună se desprinde faptul că modificări în unul dintre domenii au repercusiuni asupra celorlalte.

În ceea ce priveşte explorarea şi exploatarea, s-au discutat pe larg aspectele legate de prospectarea în ţări noi producătoare de petrol. Metoda ştiinţifică de examinare a ţării în ansamblu, urmată de o muncă de detaliu în regiuni mai mici selecţionate, constituie calea cea mai potrivită de atac a problemei, întrucît şi ţările respective se pretează mai curînd la o astfel de procedură. Un exemplu bun îl constituie în această privinţă Australia, unde s-a descoperit petrol, şi anume în regiunea Moonie.

Un alt subiect în această privinţă l-au constituit explorarea şi exploatarea petrolului în regiuni acoperite de apă. Au fost făcute comparaţii între metodele folosite de U.R.S.S., în Marea Caspică, şi de S. U. A., în Golful Texas, cu privire la metodele generale de explorare, la problemele de coroziune din partea apei de mare şi în special privitor la platformele de foraj.

Totodată s-a subliniat riscul mare ce există în lucrările de prospectare şi necesitatea de a se investi capital fără a avea siguranţa că se vor obţine rezultate favorabile. S-a subliniat că, dacă nu se acceptă investirea unui capital important în lucrări de prospectare, există pericolul unei creşteri premature a costului energiei şi pericolul nerealizării structurii optime a energiei în perioada considerată.

Un alt domeniu de discuţie a fost cel în legătură cu dezvoltarea industriei petrochimice, exprimîndu-se opinia că, în condiţii date, acestea vor accentua acţiunea negativă asupra dezvoltării industriei carbonifere.

În ce priveşte tendinţele ce se pot observa cu privire la cererea viitoare de produse petroliere, s-a subliniat atît flexibilitatea industriei de prelucrare cît și complexitatea acesteia. Un vorbitor a atras atenția asupra posibilităților de aplicare a programării liniare pentru a integra operații complet separate între ele. Alți vorbitori s-au oprit asupra necesității de a se rezerva petrolului locul pe care îl merită în economia energetică mondială. Ei au considerat că ar trebui afectată petrolului o cotă mai mare din energia de bază a curbelor de sarcină, și nu de a se rezerva acestuia misiunea de a prelua energia de vîrf a sistemului, așa cum există tendința în prezent. Totodată s-a observat natura complementară a economiei petroliere în S.U.A. și în Europa occidentală. Aceasta a condus la unele considerații cu privire la necesitatea unor restricții minime asupra circulației libere a petrolului sau chiar a unui comerț liber de țiței și produse petroliere la scară mondială.

8. Subgrupele II.3 și III.5 — Producerea și ameliorarea surselor primare de energie și transformarea energiei primare în energie secundară. Transport de energie. Combustibili gazoși

În nici un domeniu de utilizare a energiei, aspectele noi nu sînt atît de evidente ca în industria gazieră. Producția de gaze tinde să se depărteze de huilă, ca sursă, în favoarea gazelor naturale și a celor produse din petrol. Trei cauze explică această tendință;

a) Prețul produselor petroliere este în scădere față de cel al cărbunelui.

b) Noi rezerve de gaze naturale au fost descoperite.

c) Au apărut posibilități noi de transport al gazelor prin conducte sau vase metaniere.

1. *Gaze de generator*

Industria gazului se găsește în Anglia în fața unui preț al cărbunelui în creștere și a unui preț în scădere al produselor, însoțite de o pierdere de debușeu pentru cocs. Industria are de ales între gazificarea completă a cărbunelui și gazificarea petrolului. Davis și Coote arată că utilizarea reziduurilor petroliere pentru producerea de gaze a crescut în Anglia de 10 ori în patru ani. Cu toate acestea, alți autori (Raportul II.3/6) consideră că viitorul gazului în Anglia se bazează pe producția de gaze de foarte bună calitate, la preț minim în mari uzine de gaze, racordate la o rețea națională de distribuție sub presiune.

O situație asemănătoare se constată sub acest raport și în Belgia și Australia. În schimb, în Japonia, în 1960, 85,6% din gazul de generator era produs din cărbune. Totuși, industria chimică tinde spre petrol și gaze naturale. În 1958, 68,3% din amoniacul sintetic provenea din cărbune, dar acest procent a scăzut la 20,5% în 1960.

Naszalyi descrie un proiect de producere a gazului biologic din deșeuri agricole și gunoi de fermă. Un astfel de procedeu oferă posibilități economice în țările care sînt lipsite de combustibili fosili.

Cînd deșeurile vegetale se ard, recuperarea energetică este foarte mediocră și conținutul de minerale se pierde. Transformînd aceste materii în biogaz prin fermentare, energia ar putea fi obținută sub formă de combustibil de calitate, iar conținutul de minerale recuperat pentru îngrășăminte. În R. P. Ungară se evaluează că producția de biogaz ar putea economisi 2,5—3 milioane tone de lignit pe an.

O problemă importantă este aceea a conducerii exploatării unei rețele importante de transport și distribuție pentru gaze. În bazinul Ruhr, pentru a putea transmite informațiile necesare conducerii centralizate, se folosesc rețele de telecomunicații extinse. Acestea se servesc de telemăsuri prin impulsuri în care măsurile se transmit sub formă numerică. Semnalele sînt primite de un calculator, care primește datele și le prelucrează, expunînd rezultatele operatorului pentru interpretare și luare de comenzi operative.

Trebilcott citează situația din S.U.A., unde cîteva societăți de transport de gaze pe conducte folosesc microunde pentru telecomunicații și transmisii la frecvențe foarte înalte (VHF) prin radio-telefon pentru comunicații locale. Cîteva societăți au făcut experiențe pentru folosirea canalizării de gaze înseși ca ghid cilindric de unde pentru transmiterea microundelor. Acest sistem prezintă avantajul lipsei interferențelor și a putut funcționa satisfăcător pe o distanță de 19 km. Alte societăți închiriază circuite telefonice pentru scopuri proprii. Dezvoltarea telemecanicii și folosirea calculatoarelor pentru funcționarea stațiilor de compresoare vor furniza în viitor dispecerului mijloace mai sigure și mai complete pentru conducerea întregii rețele de gaze.

2. *Gaze naturale*

Cu toate că în ultimii ani se constată o creștere rapidă a consumului de gaze naturale, Cox consideră (Raportul II.3/9) că gazele nu se vor substitui petrolului în calitate de combustibil fosil principal.

În prezent se descoperă resurse de gaze cu un ritm ce depășește pe cel al creșterii consumului, dar va veni un moment cînd situația se va inversa și, după încă 10—15 ani, consumul mondial va începe să scadă. Multe rezerve de gaze naturale se găsesc în regiuni neindustrializate. Cox consideră că ar fi mai economic să se instaleze industrii în acele regiuni decît să se transporte gazele pe distanțe mari. După părerea sa, petrolul și gazele vor continua să ia locul huilei ca sursă de energie primară, pînă ce costurile de prospectare vor deveni excesive, sau pînă cînd ameliorări tehnico-economice în extracția cărbunelui și în transportul acestuia îi vor reduce costul.

Padovani descrie dezvoltarea industriei gaziere în Italia. Ea își are începuturile în perioada 1935—1940, cînd gazele au fost utilizate drept carburant pentru autovehicule. A urmat descoperirea rezervelor importante din Valea Padului, care este în același timp și o regiune puternic industrializată. După război, gazele au găsit debușeu în consumul casnic industrial. Gazele sînt extrase din sonde la o presiune de 50—60 at, ceea ce este suficient pentru transport la distanțe mari. Gazul este foarte pur și convine industriilor ceramice, metalurgice și cimentului. Se expun metodele prin care gazele naturale pot fi introduse în rețeaua de gaze de generator. În mai multe orașe din Italia de nord s-au amestecat gazele naturale cu gaze provenind din huilă, ceea ce a condus la sporirea puterii calorifice. Aparatele consumatoare au trebuit să fie adaptate la noile condiții. Circa 20% din producția globală de gaze naturale servește în Italia la sinteza chimică.

Galperin, în Raprotul III.5/7, arată succesele obținute în U.R.S.S. de industria gazelor naturale. Costul producției de gaze reprezintă un sfert din al petrolului și a 20-a parte din costul mediu al extracției de huilă. Există 241 zăcăminte sigure de gaze în U.R.S.S. și sînt în vedere posibilități de noi descoperiri.

Deși rezervele de huilă în U.R.S.S. sînt foarte mari, ele nu sînt bine plasate față de centrele industriale și de aceea costul este ridicat. Rezervele de gaze sînt mult mai bine amplasate și ele constituie sursele cele mai economice pentru toate regiunile, cu excepția Siberiei orientale. Procedee tehnice avansate permit folosirea gazelor naturale în furnale pentru a reduce consumul de cocs.

Trebilcott descrie practica canalizărilor în S.U.A., unde au fost pozați circa 320 000 km de conductă. Un progres remarcabil s-a obținut prin standardizarea proiectării, construcției și, în mai mică măsură, a exploatării conductelor sub presiune. De cîțiva ani se manifestă o tendință netă spre realizarea de conducte de diametru superior din material de calitate îmbunătățită. Limita de curgere a fost mărită prin includerea unui procent de 0,05% Colombiu la oțelul de conductă, obținîndu-se astfel o reducere la greutate. Se fac multe cercetări și pentru folosirea materialelor plastice. Se construiesc conducte cu diametre pînă la 107 cm, dar diametrul maxim economic este de 91,5 cm.

Canalizările cresc rapid în U.R.S.S., unde numai în perioada 1956—1961 s-au pozat 25 000 km. Canalizările cele mai importante sînt constituite din conducte duble de 102 cm diametru.

Raportul III.5/3 dă rezultatele unui studiu comparativ al transportului de gaze prin conducte sau prin vase metaniere. Studiul are caracter teoretic, întrucît nu există rezultate de exploatare cu vase mataniere. Se arată că pentru transportul a 1000×10^6 m^3/an, costul transportului cu vaporul este egal cu cel al transportului pe conductă pe o distanță de 2500 km, iar la distanțe mai mari devine din ce în ce mai avantajos. Pentru transportul a 4000×10^6 m^3/an, costurile se întretaie la 3500 km. Se enumeră, de asemenea, problemele tehnice legate de transportul gazelor lichefiate cu ajutorul vaselor și posibilitățile lor de rezolvare.

9. Subgrupele II.4 și III.2 — Producerea și ameliorarea surselor de energie primară și transformarea energiei primare în energie secundară. Transport de energie. Combustibili nucleari și energie nucleară

În ultimul timp au fost depuse eforturi remarcabile pentru dezvoltarea exploatării centralelor nucleare funcționînd la temperaturi mai înalte și rapoartele au tratat în special răcirea cu apă ușoară, cu gaz sau cu metal.

Importanța economiei de neutroni și a regenerării este scoasă în evidență, ca și utilizarea plutoniului. Anglia și S.U.A. confirmă tendința către utilizarea unor centrale nucleare de puteri mai mari. Progresul tehnic ce se așteaptă va proveni pe cît se pare mai mult de la ameliorări constructive ale tehnicilor folosite deja decît de la procedee absolut noi.

Cunoștințele privind construcția și exploatarea sporesc în mai multe țări și datele publicate vor fi de ajutor pentru progresul general al centralelor nucleare și în special în domeniul securității în funcționare și al optimizării.

Importanța unei mai bune preparări a elementelor combustibile este indicată în multe rapoarte tehnice. Combustibilii ceramici au tendința de a înlocui pe cei metalici în cercetările pentru temperaturi de lucru mai înalte și stabilitatea de iradiere îmbunătățită. Dezvoltarea combustibilului metalo-ceramic sau din ceramică pentru reactori rapizi se continuă.

În S.U.A., cheltuielile inițiale pentru producerea energiei electrice în centrale nucleare sînt în scădere netă. Rezultatele de exploatare a reactoarelor cu apă sub presiune sau cu apă fierbinte sînt promițătoare și arată că marile centrale nucleare vor putea concura centralele cu combustibili fosili în zonele cu preț al combustibilului ridicat, înainte de data prevăzută inițial, anul 1968. Părerile sînt împărțite în ceea ce privește producția de energie electrică pornind de la combustibili nucleari naturali sau îmbogățiți. În timp ce în Anglia se susține că există interes de a îmbogăți puțin combustibilul pentru a reduce investițiile dintr-o centrală nucleară, în Canada se continuă eforturile pentru a dezvolta reactorul „Candu“ cu uraniu natural, răcit și moderat cu apă grea.

Alți factori luați în considerare în ambele variante sînt cheltuielile inițiale în devize străine și importanța aportului național la ciclul combustibilului în țările care nu sînt prea dezvoltate.

10. Subgrupa III.0. — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Considerații generale

Se constată în ultima vreme în lume o tendință de schimbare a formei de organizare către o concentrare continuă a rețelelor de producere și de aprovizionare cu energie, deși gradul de concentrare este diferit în diversele regiuni ale globului.

Din examinarea rapoartelor acestei subgrupe, care se ocupă mai ales cu energia electrică, rezultă că factorii determinanți ai modificărilor de structură în domeniul energetic pot fi grupați astfel :

— factorii geografici și organizatorici care influențează dezvoltarea coordonată a surselor și a rețelelor energetice ;

— progresul tehnic în construcția de echipament pentru producerea formelor de energie secundară ;

— factorii depinzînd de disponibilitățile și de prețurile resurselor posibile de combustibili și de energie primară, precum și cheltuielile de transport al energiei.

Creșterea consumului de energie în orice regiune este supusă influenței unor factori ce fac parte din fiecare dintre aceste categorii, dar la un anumit moment și la un anumit nivel de consum un grup de factori va fi cel determinant pentru evoluția situației energetice.

În regiunile slab populate și încă puțin dezvoltate, factorii determinanți pentru organizarea rețelei de energie electrică sînt distanțele și densitățile de consum, precum și poziția relativă a surselor de energie primară și a consumatorilor. Chiar în regiuni bogate în resurse de energie primară, nevoile de consum pot fi, într-un stadiu incipient, considerabil mai mici decît amploarea amenajărilor necesare pentru o exploatare rentabilă, ceea ce face ca astfel de amenajări să nu se poată justifica într-un astfel de stadiu. Deși progresele recente în domeniul transportului de energie electrică la distanțe mari au permis să se extindă raza de bătaie în care să poată fi utilizate surse energetice situate departe de cele de consum, totuși în multe regiuni izolate persistă stadiul în care mici centrale electrice rămîn deocamdată mijlocul cel mai economic de a asigura cerințele.

Producerea locală și izolată a energiei electrice a fost un stadiu obligatoriu prin care au trecut toate regiunile, chiar și cele dispunînd în prezent de sisteme energetice puternice și integrate, dar se pare că progresele recente în domeniul producerii și transportului vor permite regiunilor înapoiate de a trece mai rapid de stadiul inițial pentru a-și crea sisteme energetice proprii.

În legătură cu evoluția sistemelor energetice este interesant de arătat pentru diferite regiuni care este densitatea de consum exprimată ca raport al puterii electrice de vîrf consumate de către numărul de locuitori sau suprafața regiunii respective. Astfel de cifre sînt următoarele:

Țara sau regiunea	kW/loc.	kW/km²
Statul Queensland, Australia	0,3	0,3
Statul Noua Galie de Sud, Australia	0,6	2,4
Provincia Ontario, Canada	1,0	60
U.R.S.S.	0,3	2,3
Anglia și Țara Galilor	0,5	106
S.U.A.	0,8	15,4
Suedia	0,8	13,3
Franța	0,4	24,5

Aceste date arată că nivelul de consum este, în general, ridicat în aceste țări, ceea ce se observă prin valoarea ridicată și sensibil apropiată a densității de consum pe cap de locuitor; în schimb, apar deosebiri foarte mari la densitatea de suprafață a consumurilor, coloana a doua de cifre reflectînd și densitatea diferită a populației în aceste regiuni.

În legătură cu exploatarea marilor sisteme electro-energetice, pare a fi lucru acceptat că problemele reglajului frecvență-putere și ale repartiției optime a sarcinilor și-au găsit rezolvări satisfăcătoare și că pe măsura extinderii interconexiunilor, această problemă își pierde din importanță. Soluțiile tehnice folosite în marile sisteme energetice din U.R.S.S., S.U.A., Europa de vest și altele sînt în oarecare măsură diferite, deși respectă aceleași principii fundamentale. O excepție o constituie cazul Angliei, unde se susține că nu este economică introducerea reglajului automat, deoarece este necesar să se acopere o bandă mare de reglaj cu un număr important de grupuri de putere relativ mică.

S-a arătat, de asemenea, tendința de înlocuire treptată a mijloacelor de calcul și automatizare actuală de tip analogic cu cele de tip numeric sau hibrid (numeric-analogic).

Un interes crescînd îl prezintă căile de transformare directă a căldurii în energie electrică la randamente ridicate, cum sînt procedeul magnetohidrodinamic, pila de combustie și altele. În special cu ciclul MRD se fac experiențe pe model redus în mai multe țări. În convertizorul MRD, un jet de gaz ionizat cald (plasmă), de mare viteză, înlocuiește conductorul de cupru ce stă la baza mașinilor electrice rotative. Convertizorul de curent alternativ, care pare a fi cel mai promițător, este cel în care se realizează un cuplaj inductiv între plasma în mișcare și o undă electromagnetică ce se propagă.

Deși rezultă clar că mai sînt multe probleme tehnice de rezolvat pînă la folosirea pe scară industrială a procedeului magnetohidrodinamic, condițiile atrăgătoare pe care le constituie randamentul ridicat al transformării și costul specific redus al investițiilor vor continua să stimuleze o dezvoltare rapidă a cercetărilor în acest domeniu.

11. Subgrupa III.1$_1$ — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Energie hidroelectrică — centrale de vîrf

Dintre chestiunile dezbătute în această subgrupă, locul de frunte îl ocupă tendințele de dezvoltare a centralelor hidroelectrice de vîrf și a celor cu pompare. Un număr de cinci rapoarte descriu starea de lucruri în această privință în Anglia, S.U.A., Spania, Italia și Australia.

Situația energetică a Angliei necesită să se facă o comparație între amenajarea de centrale hidroelectrice și folosirea de centrale termoelectrice pentru acoperirea vîrfurilor de sarcină. În studiul economic comparativ este necesar să se țină seamă de așa-numita „valoare negativă“ pe care centrala hidroelectrică o are în primii săi ani de funcționare, ca urmare a faptului că ea împiedică instalarea unor grupuri termoelectrice de parametri mai avansați, a căror producție ar fi înlocuit, în afara orelor de vîrf, grupuri termoelectrice mai puțin economice. Astfel, această „valoare negativă“ își pierde importanța după o perioadă destul de scurtă — de 10 ani — în cazul Angliei.

Se ține seamă — în condițiile economiei capitaliste — și de efectul inflației și al creșterii dobînzilor procentuale cerute pentru capitalul investit, precum și de reducerea costului investițiilor în centralele termoelectrice pe măsura creșterii puterilor unitare și, în mai mică măsură, a costului construcțiilor hidroenergetice, rezultate în special dintr-o tehnică avansată pentru străpungerea și cămășuirea galeriilor, precum și din tehnici noi în proiectarea și construcția barajelor.

Raportul englez descrie amenajările de acumulare prin pompare de la Ffestiniog și Cruachan. Între începerea lucrărilor la aceste centrale a trecut o perioadă de numai trei ani ; ea a fost însă suficientă pentru a marca progrese importante la echipament : la Cruachan au fost instalate grupuri reversibile cu un singur etaj, realizînd economii considerabile de investiții față de turbinele și pompele în două etaje separate, care au trebuit să fie montate la Ffestiniog.

Raportul III. 1_1.3 tratează studiul economic necesar pentru a putea alege forma de centrală de vîrf ce trebuie instalată într-o rețea, făcînd o comparație între următoarele soluții : centrală de acumulare prin pompare ; centrală hidroelectrică cu lac de acumulare; centrală termoelectrică cu turbine cu abur de construcție specială (condiții tehnice pentru pornire rapidă, cheltuielile de investiții specifice reduse — randament ceva mai scăzut); supraîncărcarea la vîrf a CTE clasice ; centrale Diesel-electrice (în sisteme mici); centrale cu turbine cu gaze; reducerea vîrfurilor prin limitări.

Se descriu cîteva exemple de instalații așa-zise combinate, în care pomparea servește atît pentru acoperirea vîrfurilor cît și pentru a face față unor condiții de exploatare speciale (cazul cascadei Niagara). Uneori este avantajos să se ridice nivelul lacului prin pompare pentru a permite derivații mai scurte și mai economice dintr-un bazin hidrografic în altul. Este descris proiectul amenajării Taum Sank pe Missouri; el va avea o putere de 350 MW în două grupuri reversibile, punerea în funcțiune fiind prevăzută în vara 1963. Se examinează, de asemenea, posibilitatea de reamenajare a centralelor.

Raportul III.1_1/2 dă unele detalii cu privire la experimentările făcute pentru a se reduce evaporarea în lacurile centralelor hidroelectrice.

Cercetările — începute încă în 1952 — au constat în răspîndirea unor pelicule monomoleculare formate din combinații de alcooli grași la suprafața apei, formînd un strat protector contra evaporării. Rezultatele obținute pînă în prezent permit să se sconteze o reducere a evaporării mergînd între 5 și 60% — în medie 40% — în funcție de diverși factori locali. Din punct de vedere al rentabilității, operația pare a nu se justifica încă în condițiile actuale, în care valoarea apei economisite este determinată doar pe considerente energetice. În locurile în care însă se socotește valoarea sporită a apei prin utilizarea ei complexă — de exemplu pentru irigații sau ca apă potabilă — procedeul poate fi economic justificat.

12. Subgrupa III. 1_2 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Energie hidroelectrică — considerații generale

În perioada 1950—1960, procentul mediu anual de creștere al energiei hidroelectrice pe plan mondial a fost de 7,6%, față de 9% pentru producția de energie electrică în general. În 1960 centralele hidroelectrice au produs 31% din producția mondială de energie electrică.

În U.R.S.S., în aceeași perioadă, procentul de creștere anual al energiei hidroelectrice a fost de 15%, față de 13% pentru energia electrică de toate proveniențele.

Cîteva rapoarte se ocupă de cooperarea internațională pentru amenajarea resurselor hidroelectrice. Un caz este cel al amenajării Kariba pe fluviul Zambezi, interesînd atît Federația Rhodesia-Nyassaland cît și Congo. Un altul este cel al studiului general de amenajare al fluviilor Tarne și Kalix, în nordul Scandinavei, de către Suedia, Finlanda și Norvegia, prevăzîndu-se într-o variantă studiată schimbarea cursului apei pentru a se vărsa în Oceanul Atlantic în loc de Golful Botnic.

În fine, un al treilea raport se ocupă de amenajarea fluviului Columbia în comun de către S.U.A. și Canada, incluzînd crearea unui lac artificial de 20 miliarde m^3.

Diferite rapoarte dau indicații cu privire la prețul de cost al energiei electrice. Ele sînt concentrate în tabela ce urmează :

Țara și regiunea	Anul	Sursa	Cost (10^{-3} \$/kWh)
Noua Zeelandă-insula Nord	1960	Hidraulică	3,9
Noua Zeelandă-insula Nord	1960	Termică	11,5
Noua Zeelandă-insula Nord	1960	Geotermică	7,3
Noua Zeelandă-insula Sud	1960	Hidraulică	5,2
Tasmania-Gatagunya	1962	Hidraulică	3,9
Tasmania-Great Lake (proiect)	1964	Hidraulică	5,5
Tasmania-Lower Derwent (proiect)	1966 1968	Hidraulică	4,8
India	1960	Hidraulică	2,5-4,2
Canada-Saskatchewan (proiect)	1965	Hidraulică	4,6
,, ,, ,,	1970	Hidraulică	4,5
,, ,, ,,	1975	Hidraulică	4,1
,, ,, ,,	1990	Hidraulică	3,5
Chile (proiect)	—	Hidraulică	30-100
Scandinavia (proiect)	—	Hidraulică	74
U.R.S.S. (proiect)	—	Hidraulică	0,3
Rhodesia-Nyassaland-Kariba	1961	Hidraulică	9,5

Raportul III.1_2/2 rezumă cîteva tendințe în concepția, construcția și exploatarea resurselor hidroelectrice în Tasmania. Acestea sînt :

— creșterea solicitării admisibile pentru conducte forțate obișnuite de oțel la 1500 kg/cm^2 cu un randament al sudurii de 100% ;

— folosirea de tuburi bandajate cu mare rezistență la tracțiune, pentru conducte forțate de mare cădere (890 m);

— economie de 40% la volumul de beton și de 20% la costul construcției folosind un tip de baraj cu beton precomprimat în locul unui baraj de greutate de tip clasic ;

— studiul solicitărilor pe teren și pe modele fotoelastice în scopul de a determina forma cea mai favorabilă pentru marile excavații subterane;

— străpungerea unor galerii de 5,2 m diametru în roci sedimentare cu ajutorul forării mecanice, pentru a minimaliza cămășuiala de beton și lucrările de susținere;

— studii generale ale proceselor electrice tranzitorii și ale funcționării regulatoarelor într-un sistem hidroenergetic cu ajutorul calculatorului numeric, permițînd să se elimine un castel de echilibru costisitor pe galeria de aducțiune;

— adoptarea automatizărilor și a telecomenzilor.

Un punct special în discuții a fost destinat folosirii calculatoarelor electronice în hidroenegetică. S-au degajat unele concluzii importante, și anume;

— rezultatele studiilor făcute pe calculator au o precizie ce nu poate depăși pe cea a datelor furnizate calculatorului;

— există o tentație periculoasă din partea matematicienilor de a pune problemele în cadrul cel mai general posibil;

— chiar atunci cînd pentru o anumită categorie de probleme există la dispoziție o programare gata elaborată în altă parte este necesar încă un efort local foarte important pentru însușirea și asimilarea lui de către persoanele interesate.

Cu toate acestea, progresele permise de calculatoarele electronice au făcut ca ele să înceapă a fi introduse într-o serie de aplicații hidroenergetice, iar posibilitățile de viitor sînt mai mult decît promițătoare.

13. Subgrupa III.3_1 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Combustibili solizi

Cărbunele este un combustibil voluminos, la care cheltuielile de transport sînt adesea mai ridicate decît cele de producere la gura minei. În consecință, posibilitățile ca industria cărbunelui să-și păstreze piețele actuale și să se mai introducă și în altele vor depinde atît de dezvoltarea unor mijloace de transport mai eficiente și mai economice, cît și de reducerea costurilor de producție rezultînd din introducerea procedeului de extracție mecanică continuă. Doar în felul acesta — se consideră în lumea capitalistă — cărbunele va putea face față ofensivei formidabile reprezentate de supraproducția actuală mondială de petrol.

Aceste cheltuieli de transport ar putea fi reduse prin transformarea sa în combustibili secundari sau în alte forme de energie, în uzine situate lîngă sau în apropiere de gura minei. Totuși, dat fiind că o astfel de soluție nu este întotdeauna practicabilă, o altă soluție a prezentat un interes continuu crescător, și anume transportul cărbunelui prin conductă. Astfel, Raportul III.3_1/2 trece în revistă progresele realizate în această tehnică în ultimii opt ani și descrie atît elevatoarele pneumatice și hidraulice verticale cît și sistemele de transport hidraulice orizontale folosite în prezent. În plus, se arată un proiect elaborat în R.F.G. pentru transportul cărbunelui pe o distanță de 50 km cu un debit de 284 t/h.

Instalații asemănătoare sînt deja în funcțiune în U.R.S.S., S.U.A. și Franța, instalația americană fiind discutată în Raportul III.3_1/4, unde sînt comunicate rezultatele a trei ani de experiență cu o conductă de 25 cm diametru și debit anual de 1 120 000 tone de cărbune transportat la o distanță de 174 km.

Din aceste rapoarte rezultă că pentru a fi economică, exploatarea unei astfel de conducte presupune existența unor rezerve mari și o producție neîntreruptă de combustibil solid la capătul de extracție, precum și un consum continuu al marilor cantități transportate la capătul de la utilizare.

De asemenea, un progres important ar fi realizabil dacă s-ar putea arde șlamurile direct în focarele-ciclon ale centralelor electrice, fără o deshidratare prealabilă.

Este interesant de arătat că cercetările și realizările industriale citate mai sus au stimulat și au inspirat și alte căi de soluționare a problemei transportului mai economic al cărbunelui. Astfel, o cale este de a utiliza petrolul ca lichid transportor în conducte de mare distanță. O altă cale semnalată recent este proiectul comun a 55 companii de cale ferată din S.U.A. de a construi un nou tip de tren, așa-numit tren integral („Unitrain"), pentru încărcarea în vrac și transportul cărbunelui de la punctul de producere la cel de consum. Conform proiectului, trenul ar fi compus din vagoane automotoare cu patru osii, capabile de a fi încărcate și descărcate rapid și avînd o greutate brută de minimum 113 tone fiecare și permițînd tracțiunea a 25 400 tone eșalonate de-a lungul trenului, prevăzut și cu locomotive Diesel.

Gazificarea cărbunelui, ca mijloc de producție a gazului de sinteză sau a hidrogenului, constituie o caracteristică comună a tuturor procedeelor de transformare a cărbunelui în combustibili lichizi. În timp ce interesul principal îl prezintă gazificarea la înaltă presiune, există totuși și gazogene funcționînd la presiunea atmosferică (Raportul III.3_1/3). În plus, două alte procedee sînt pe cale de a fi dezvoltate în prezent: metanizarea și hidrogazificarea; ambele au drept scop producerea — pe bază de cărbune — a unui gaz de mare putere calorifică, care să poată înlocui direct gazele naturale.

În ceea ce privește producerea pe cale artificială a combustibililor lichizi plecînd de la cărbune nu ar fi economică, așa că eforturile îndreptate către cercetarea și dezvoltarea procedeelor de sinteză, cum sînt sistemul gazogen cu recirculație de gaz cald (Fischer-Tropsch) sau hidrogenarea cărbunelui la înaltă presiune (Bergius), s-au redus la căutarea unor noi catalizatori care să fie și economic avantajoși.

Cu toate acestea, aplicarea pe scară industrială a procedeului carbonizării cărbunelui la temperatură joasă se face în U.R.S.S. și Cehoslovacia, în timp ce în R.F.G. și Japonia se folosește semicocs de lignit în gazogene de tip Winkler.

Principalul consumator de cocs îl constituie industria metalurgică, deoarece — deşi consumul de cocs pe tonă de metal produs sau topit a putut fi redus în ultimii ani, ca urmare a progreselor realizate asupra randamentului termic — creşterea producţiei de metale, feroase şi neferoase, a fost atît de mare, încît cererea de cocs a marcat o creştere universală. Lipsa de cocs care se manifestă cît şi necesitatea de a utiliza mai complet cărbunii cocsificabili existenţi, care vor putea deveni mai rari şi mai scumpi în viitor, au făcut să apară în ultimii şase ani mijloace noi de ameliorare a cocsului şi de producere a unui cocs de foarte bună calitate, utilizabil în furnale şi cuptoare, pornind de la cărbunii de o mare diversitate, chiar şi cei cu proprietăţi cocsificante inferioare.

14. Subgrupa III.3$_2$. Transformarea energiei primare în energie secundară. Centrale termoelectrice — proiectare şi exploatare

Tema generală a conferinţei a fost bine exemplificată de problemele prezentate şi discutate în această subgrupă, deoarece chiar între data prezentării rapoartelor şi data ţinerii conferinţei au avut loc progrese numeroase, care au fost comunicate de vorbitori.

În domeniul puterilor unitare ale grupurilor au fost furnizate date privind trei ţări. În Anglia s-a trecut de la tranşe de 60 MW în 1955 la cele de 200 MW în 1961. Grupuri de 550 MW sînt deja comandate şi se prevede că peste cîţiva ani se vor putea construi grupuri de 1 200—1 500 MW. În Franţa, în 1951, EdF a hotărît să adopte tranşe normalizate de putere de 125 MW cu parametri ai aburului de 127 at şi 540/540°C. În 1957 s-a trecut la grupuri de 250 MW şi parametri de 165 at şi 565/565°C. Două astfel de grupuri erau în funcţiune în 1961 şi altele 12 erau comandate. În S.U.A. sînt prevăzute grupuri de 700 şi 900 MW pentru intrarea în funcţiune pînă în 1966.

O importanţă deosebită s-a acordat proiectării în vederea pornirii rapide a grupurilor mari, de parametri ridicaţi. Atît experienţa engleză cît şi cea franceză par a fi pozitive în acest domeniu şi arată că s-a obţinut un grad înalt de elasticitate a exploatării atunci cînd s-a avut în vedere această condiţie la proiectarea echipamentului.

Efectele în timp ale pornirilor şi opririlor repetate vor fi constatate, desigur, numai dintr-o experienţă mai îndelungată. Totuşi, încercările recente privind noile grupuri construite pentru astfel de centrale permit să se spere la o siguranţă de funcţionare care să se menţină şi pe termen lung. Pentru grupurile în funcţiune însă, a căror proiectare nu s-a bazat pe astfel de condiţii, rămîne un semn de întrebare dacă exploatarea lor în două schimburi (oprire în fiecare noapte) nu va ridica probleme serioase de reparaţii, care să conducă la necesitatea acceptării mai degrabă a unei funcţionări continue pentru astfel de grupuri, în dauna randamentului. S-a arătat că trebuie făcută o comparaţie economică între pornirea rapidă şi funcţionarea continuă la minimum tehnic în timpul nopţii, punînd în balanţă combustibilul economisit faţă de cheltuielile de întreţinere şi coeficient de indisponibilitate sporite.

Din cifrele prezentate de Leardini, Westerlind şi Petri rezultă că, după o oprire de noapte, timpul necesar pornirii cazanului este determinant. Cu o construcţie obişnuită, o turbină modernă poate fi încărcată la plină sarcină după 20 minute de la punerea în paralel, faţă de 60 minute de la aprinderea focului în focar. Cu grupuri special construite, de tipul celor descrise de Westerlind, timpul necesar pentru încărcare la plină sarcină scade la doar 7 minute, punînd şi mai clar în evidenţă rolul determinant al cazanului la pornirea rapidă.

Booth a arătat că în sistemul energetic britanic nu există tendinţa spre o funcţionare la sarcină parţială. Acesta este cazul în sistemul englez, care are 30 000 MW, dar în sisteme în care puterea unitară a grupului este relativ mare vor exista, desigur, situaţii în care singura soluţie posibilă este funcţionarea cu sarcină redusă şi în astfel de cazuri flexibilitatea exploatării cazanului şi stabilitatea funcţionării sale devin condiţii esenţiale.

În Raportul III.3$_2$/1 se arată că la ieşirea spre condensator este necesar fluxul multiplu, şi anume patru ieşiri la grupurile de 350 şi 375 MW şi opt ieşiri pentru cele de 550 MW pe două axe. Scheme cu flux multiplu au fost adoptate şi pentru corpurile de înaltă şi medie presiune.

Sporirea dimensiunilor paletelor la ultima treaptă este exemplificată prin lungimea lor, care merge de la 521 la 914 mm, în funcţie de puterile unitare.

În privinţa parametrilor aburului, cu excepţia unui mic număr de instalaţii, dintre care unele trebuie încă considerate ca experimentale, ciclurile termice în toate ţările importante ca pondere în energetică par a se fi fixat la o presiune de 165 at şi 565/565°C supraîncălzire.

Raportul III.3$_2$/1 arată că, în afară de cîteva excepţii, creşterea puterii unitare pînă la 500 MW a fost obţinută fără a părăsi dispoziţia pe un singur ax a grupurilor funcţionînd la turaţia de 3 000 rot/min. Deşi o creştere în continuare a puterii unitare este de dorit din punct de vedere economic, ea ar putea să fie blocată dacă se rămîne la această dispoziţie. În Anglia se scontează pe o etapă de dezvoltare în timpul căreia dispoziţia pe două axe va fi, poate, folosită în soluţia cu două viteze: 3 000 rot/min la un ax şi 1 500 rot/min la celălalt.

Raportul III.3$_2$/4 arată că, pentru grupurile de 125 şi 250 MW adoptate în Franţa, dispoziţia este pe un singur ax. În S.U.A. tendinţa pare a fi în favoarea dispoziţiei pe două axe şi Raportul III.3$_2$/2 descrie grupuri de acest gen avînd puteri de 223 MW, respectiv 210 MW.

Raportul III.3$_2$/9 descrie două grupuri cu turbine de contrarotaţie de 160 MW funcţionînd cu abur de 115 at şi 530°C. Un grup similar, de 275 MW, este comandat. Sporul de putere a condus la adoptarea fluxului radial pentru etajele de înaltă şi medie presiune şi a celui axial pentru joasă presiune.

În construcția de cazane, atenția a fost îndreptată spre mărirea debitelor, adaptarea la combustibili inferiori și îmbunătățirea ciclurilor termice.

În general, mărirea cazanelor a fost obținută fără a se înrăutăți coeficientul de indisponibilitate care în trecut a fost adus la aceleași valori cu cele ale grupurilor turbogeneratoare.

Una din evoluțiile cele mai interesante din ultimii ani o constituie punerea în funcțiune a cîtorva instalații mari cu parametri supracritici. Cu toate acestea, cazanele funcționînd în aceste condiții ridică încă numeroase dificultăți.

Raportul III.3_2/7 descrie exploatarea zăcămintelor de lignit în statul Victoria din Australia. Din cauza procentului ridicat de umiditate, care atinge 60—70%, și a prezenței sărurilor producînd cenuși cu proprietăți nocive, dificultățile care au trebuit învinse pentru a obține o combustiune satisfăcătoare sînt descrise, precum și progresele în evoluția de la arderea pe grătar mecanic în cazane mici pînă la combustiunea lignitului pulverizat în cazane corespunzătoare de 120 MW. La început, combustiunea a fost nestabilă și se descriu măsurile ce au fost luate, cît și coeficientul ridicat de indisponibilitate datorat ancrasării excesive a focarului. Două grupuri noi de 200 MW sînt în curs de montaj și ele vor fi alimentate cu lignit pulverizat.

Raportul III.3_2/13 indică progresele tehnice realizate în ultimii 10 ani, care au permis să se construiască grupuri funcționînd la temperaturi de 600—650°C. Totuși, asemenea temperaturi nu au fost adoptate — așa cum s-a mai arătat — decît în cazuri izolate, această stare de lucruri fiind imputabilă considerentelor economice. Raportul conține rezultatele obținute cu două cazane de cîte 200 t/h — 163 at și 610°C, cazanele fiind de tipul generatoarelor de abur tubulare cu trecere unică. El conține, de asemenea, o dare de seamă asupra coroziunii suprafețelor de supraîncălzire.

În Raportul III.3_2/12 se arată că supraîncălzirea intermediară este acum acceptată pentru marile unități ; în general presiunile au sporit, dar temperaturile au rămas la un nivel staționar din cauza costului ridicat al materialelor necesare pentru temperaturi înalte. Astfel, temperaturile au rămas plafonate la 540—565°C.

În America, datele statistice arată că proporția centralelor funcționînd la o presiune de 140 at și mai mare a crescut de la 42 la 65%. În aceeași perioadă, proporția centralelor funcționînd la o temperatură de 565°C sau mai mare a scăzut de la 38 la 32%. Se pare totuși că această plafonare a temperaturilor are doar un caracter provizoriu, așteptîndu-se rezultatul cercetărilor avansate ale materialelor care sînt în curs.

În Raportul III.3_2/4 se arată că în Franța, în trecerea de la grupurile de 125 MW la cele de 250 MW, s-a urmat o linie similară, presiunea sporind de la 127 at la 165 at, în timp ce temperatura a crescut doar de la 540/540°C la 565/565°C.

O importanță sporită este necesar a fi acordată în viitor echipamentului auxiliar. Într-adevăr, în timp ce siguranța echipamentului mare a ajuns deosebit de ridicată, perfecționări la echipamentul auxiliar (pompe, ventilatoare etc.) sînt uneori mai puțin avute în vedere și deficiențe ale acestora pot anula calitățile superioare ale echipamentului de bază. În legătură cu pompele de alimentare sînt în favoare în ultima vreme la unitățile mari fie antrenarea prin turbină cu prelevare, fie antrenarea directă de la turbina principală. În felul acesta se rezolvă și dificultățile ridicate de electromotoarele foarte mari și se obțin economii de consum propriu.

Utilizarea condensatoarelor răcite cu aer constituie o realizare dintre cele mai interesante apărute în ultimii ani. Ea este opera unor oameni de știință din R. P. Ungară și a fost prezentată pentru prima dată la sesiunea plenară a W.P.C. de la Viena din 1956. Raportul III.3_2/8 descrie detaliile unei instalații de 16 MW date în exploatare în R.P.U. în martie 1961. Raportul conține, de asemenea, unele date privind măsurile de protecție luate pentru a asigura o funcționare satisfăcătoare în ciuda unor incidente cum sînt declanșarea grupului sau o perioadă de îngheț prelungită.

O ameliorare a procedeului, raportată de autori, constă în trecerea de la condensatorul cu ajutaj pentru vaporizarea apei de răcire în picături la întinderea apei de răcire în pînze turbulente foarte subțiri. Autorii arată că economii considerabile de ancombrament rezultă din această perfecționare a sistemului și că instalațiile realizate în acest din urmă mod nu vor avea decît o treime din gabaritul instalațiilor anterioare (adică aproximativ dimensiuni similare cu cele ale condensatoarelor de suprafață clasice). Dacă avantajele preconizate se pot traduce în practică, se pare că se vor putea obține economii importante asupra investițiilor din centralele termoelectrice cu condensație.

De altfel, pe baza procedeului indicat a fost construită și o instalație mare — pentru 120 MW — în Anglia, la Rougeley, și primele rezultate obținute par a fi încurajatoare, deși mai sînt necesare rezultate de exploatare în timp pentru a evalua corect eficacitatea economică a metodei.

În orice caz — ca urmare a economiilor care vor rezulta din introducerea condensatoarelor răcite cu aer — se pare că asemenea instalații vor ușura sarcina constructorilor de centrale, permițîndu-le mai multă elasticitate în alegerea amplasamentului. Tendința de folosire a combustibililor inferiori impune amplasarea centralei cît mai aproape de mină, unde adesea resursele de apă de răcire sînt insuficiente pentru o instalație de condensatoare clasice.

Micșorarea vicierii atmosferei datorită centralelor termoelectrice este o necesitate unanim recunoscută în special în vecinătatea aglomerațiilor urbane. Raportul III.3_2/4 semnalează că în Franța, din 1955 încoace, toate centralele construite de EdF sînt prevăzute cu filtre electrostatice și că, grație unui studiu atent al dimensionării filtrelor, utilizării de cîmpuri adiționale, reglării automate a potențialului electrostatic și unor agitatoare perfecționate, s-au atins randamente de desprăfuire de 99%. Cu toate acestea, autorul notează că asemenea rezultate se obțin cu cheltuieli importante și că filtrele din centralele construite de EdF reprezintă 4% din investițiile totale ale centralei.

În practica întreținerii și reparațiilor asupra echipamentului centralelor, atenția este îndreptată spre o concepție asupra acestuia astfel încît să se reducă la minimum coeficientul de indisponibilitate și asupra unor metode de încercare preventivă menite să detecteze defectele incipiente, astfel ca să poată fi remediate din timp înainte de a da naștere unei avarii.

O idee de importanță deosebită se degajă din diferite rapoarte și din discuții. Avînd în vedere numărul de ani relativ redus în care o centrală va funcționa cu un coeficient ridicat de utilizare, disponibilitatea în acești primi ani ai centralei este esențială. În perioada ulterioară, factorul de utilizare mai scăzut la care va funcționa centrala împiedică recuperarea pierderilor eventuale provocate de indisponibilitatea centralei în primii săi ani de funcționare. Pentru acest motiv, cît și pentru restrîngerea personalului de întreținere afectat centralelor la minimum, este necesar să se acorde o atenție sporită căilor de eliminare a factorilor care conduc la o disponibilitate incompletă.

În Raportul III.3_2/14 sînt descrise metodele de control și defectoscopie utilizate de Comisia de electricitate a statului Victoria. Se pare că rezultă mai avantajoasă formarea de unități de verificare centralizate, dotate cu utilaj modern și specialiști, decît să se conteze pe personalul obișnuit de întreținere local, care să se familiarizeze cu numeroasele procedee folosite în prezent.

Metodele de încercare prin ultrasunete, radiografice, magnetice sau prin curenți Foucault și-ar pierde din valoare dacă rezultatele nu ar fi corect și complet interpretate și calificarea necesară nu poate fi cîștigată decît de un personal care lucrează continuu la astfel de verificări.

Același punct de vedere a fost adoptat și în Franța, unde la EdF a fost creată o unitate specializată pentru controlul în toate centralele termoelectrice din sistem.

În ultimii cinci ani, tratarea informațiilor și automatizările au suferit o evoluție rapidă. Printre noutăți se numără înregistrarea automată a datelor măsurate, mijloace automate perfecționate de detectare a situațiilor anormale sau periculoase cu sisteme de avertizare sau protecție, folosirea de calculatoare analogice sau numerice integrate în procesul tehnologic de producție a energiei electrice. Noile instalații trebuie să țină cont de aceste progrese tehnice, și adesea proiectele recente sînt în curs de modificare pentru a li se adăuga echipamentul necesar în scopul de a se extinde tratarea informațiilor și automatizarea.

Părerea generală ce rezultă din Rapoartele III.3_2/2 și III.3_2/12 este că tendința spre o automatizare din ce în ce mai complexă va aduce o ameliorare sensibilă a disponibilității grupurilor și a siguranței lor de funcționare. Cheltuiala legată de introducerea unor astfel de instalații se justifică cu condiția ca sistemul automat să funcționeze fără greșeli și să aducă cîștiguri apreciabile privind cel puțin unele din următoarele aspecte:

— ameliorarea siguranței în funcționare;

— mărirea coeficientului de disponibilitate al echipamentului;

— economie de combustibil;

— reduceri de personal;

— cost acceptabil al echipamentului;

— micșorarea cheltuielilor de întreținere.

Problema care se pune în mod acut în prezent este de a recunoaște dacă personalul de exploatare poate supraveghea o instalație în care sînt centralizate circa 1 100 semnale, care îi parvin și, în funcție de ele, el trebuie să aleagă între circa 400 operații ce îi stau la îndemînă. Este evident că puterea de discernămînt a omului este limitată și că o instalație putînd să trateze 1 500 date pe minut este perfect realizabilă.

Hess și Chadwick descriu în Raportul III.3_2/12 instalațiile de calculatoare numerice folosite în centralele Huntington Beach și Little Gypsy în Statele Unite. Ei arată că la aceste două centrale s-a pornit de la premise și s-a ajuns la realizări concepute diferit.

Concepția de bază în centrala Little Gypsy se bazează pe controlul integral al echipamentului fără personal de exploatare, în timp ce la Huntington Beach s-a presupus păstrarea unui personal minim de exploatare.

Instalația de la Little Gypsy se bazează pe un calculator numeric care supraveghează reglajul analogic al cazanelor și care poate să intervină direct dacă este necesar să se amelioreze sau corecteze o manevră oarecare.

O altă trăsătură de bază a instalației este posibilitatea calculatorului numeric de a prelua integral conducerea exploatării, alegînd diferite manevre la caz de nevoie și, dacă acestea nu sînt posibile sau prezintă vreun risc pentru personal sau echipament, să oprească grupul.

Acest sistem a fost instalat pe un bloc de 223 MW, 140 at, 540/540°C. El cuprinde un cazan cu trecere unică de 650 t/h, consumînd gaze și avînd păcură drept combustibil de rezervă.

Instalația de la Huntington Beach folosește calculatorul pentru a obține realizarea unei serii de operații și pentru, dacă la vreuna din ele se întîmplă vreun incident, avertizarea personalului de exploatare. Sistemul este aplicat la grupurile nr. 3 și 4, constînd din turbogeneratoare de 210 MW, 165 at, 565/540°C, unitățile fiind construite de doi constructori diferiți. Cele două grupuri se alimentează de la căldări tubulare cu trecere unică de 740 t/h, arzînd gaze sau păcură. Pînă la data conferinței au fost efectuate 32 porniri ale grupului comandate complet de calculatorul electronic, deși unele dintre ele au necesitat și intervenții manuale pentru corecție. Problemele de programare au fost îngreuiate de lipsa unei cunoașteri perfecte a procedurii detaliate a operațiilor de exploatare înainte de punerea în funcțiune a centralei.

În prezent, in S.U.A. se echipează 14 grupuri în nouă centrale aparținînd diferitelor companii de electricitate și însumînd o putere instalată de 4 345 MW, cu instalații de conducere și reglare automată comportînd calculatoare electronice analogice și numerice.

Pe de altă parte, în Franța, centrala de la St. Ouen, care trebuia să intre în funcțiune la finele anului 1962, este echipată în mod asemănător.

Automatizarea complexă necesită un mare număr de specialiști de înaltă calificare pentru a asigura funcționarea fără greș și cu precizia necesară a echipamentului. Apare evident că evoluția concepțiilor privind automatizarea prin calculatoare electronice necesită o evoluție tot atît de radicală a concepțiilor privind creșterea și formarea de cadre specializate.

15. Subgrupa III.6 și III.7 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Energie solară și geotermică

În aceste subgrupe s-au tratat așa-numite forme noi de energie. Materialele prezentate au fost destul de sărace, lucru oarecum explicabil prin faptul că în luna august 1961 s-a ținut la Roma, sub auspiciile Organizației Națiunilor Unite, o conferință asupra surselor noi de energie, care a polarizat rapoarte și participanți specialiști în aceste domenii.

Cu toate acestea, au fost prezentate rapoarte privind centrale geotermice în Italia, Noua Zeelandă, California și Islanda, unde sursele de energie geotermică s-au dovedit economice.

Cu privire la energia solară, s-a subliniat folosirea ei ca sursă de căldură de joasă temperatură. Astfel, o aplicație practică a ei este la încălzirea apei pentru spălarea minereurilor de uraniu, unde se cere o temperatură optimă de 60°C. Totodată, trebuie arătat că folosirea ei cea mai răspîndită este în prezent pentru încălzirea apei în scopuri casnice. Astfel, în 1961 se evaluează la 500 000 numărul de instalații de acest gen existente în Japonia, la 70 000 în S.U.A., la 20 000 în Israel și la 2 500 în Australia.

Cît despre folosirea energiei solare pentru producerea energiei electrice sau mecanice, trebuie privită cu multă precauție, deoarece oriunde factorul economic intră în considerație, ea nu poate constitui o soluție. Astronautica este, deocamdată, locul de utilizare a energiei solare pentru astfel de scopuri.

În fine, cuptoarele solare pot produce temperaturi superioare celor produse prin orice altă metodă și în plus nu sînt contaminate de produsele arderii.

16. Subgrupa IV.0. Utilizarea energiei primare și secundare. Considerații generale

Foarte interesant este Raportul IV.0/10, prezentat în această subgrupă. Autorul, Mejro (Polonia), subliniază necesitatea de a se aborda în mod rațional alimentarea cu energie a aglomerațiilor urbane sub formă de rețea electrică, rețea de apă caldă și rețea de gaz.

Problema comportă un studiu al cheltuielilor de producție a energiei, al transformării sale într-o formă utilizabilă, al distribuției sale în locurile de utilizare din interiorul clădirilor și al aparatelor receptoare.

Modurile de utilizare sau de aplicare examinate sînt :

— încălzire și ventilație ;
— distribuție de apă caldă ;
— bucătărie ;
— iluminat și forță motrice.

Sistemele sau metodele următoare au fost studiate în vederea satisfacerii acestor nevoi :

1. Încălzirea centrală obținută cu ajutorul apei calde provenind de la o centrală electrică de termoficare sau de la o centrală termică de cartier, sau de la o instalație separată a clădirii, sau, în fine, de la aparate de încălzit individuale, cum sînt sobe cu cărbuni, radiatoare electrice sau cu gaze.

2. Apa caldă pentru bucătărie și utilizări casnice obținută cu ajutorul apei calde venind de la o CET sau centrală termică de cartier, sau cu ajutorul unei instalații separate de încălzit apa situată în clădiri și folosind păcură, gaz (de la rețea sau din butelii) sau energie electrică.

3. Bucătăria folosind energie preluată de la rețeaua de gaze sau de energie electrică, sau de la gaze de butelie sau din cărbune.

4. Iluminat, forță motrice etc. folosind energie electrică furnizată de o rețea publică pentru iluminat, funcționarea motoarelor, aparatelor de încălzit, aparatelor de radio și televiziune etc.

Evaluarea cheltuielilor globale de producție și de distribuție a diferitelor forme de energie pentru cele patru utilizări principale menționate în raport este rezumată într-o serie de grafice, care arată variația cheltuielilor în raport cu densitatea de consum.

Concluziile raportului — valabile în cazul R. P. Polone — sînt următoarele :

a) În regiunile urbane, rețelele de distribuție de energie electrică, de apă caldă și de gaze sînt toate justificate.

b) În regiunile de locuit mai puțin dense nu se justifică decît construcția unei rețele de canalizări electrice, iar utilizarea combustibililor lichizi se poate și ea justifica pentru încălzit și apă caldă.

c) Bucătăriile folosind combustibil solid nu ar trebui luate în considerație în orașele mari, deoarece rețelele de gaze sînt considerate ca sursa principală de energie pentru bucătării.

d) Comoditatea și securitatea bucătăriilor electrice, creșterea consumului de energie electrică în acest scop în suburbiile marilor orașe.

Problemele de termoficare urbană și de alimentare centralizată cu căldură sînt tratate în Rapoartele IV.0/6 și IV.0/12.

Primul raport descrie situația din Italia, unde — datorită condițiilor climatice și economice — s-a dezvoltat și sînt tendințe să continue folosirea combustibililor lichizi pentru încălzirea centrală a imobilelor. În plus, se preconizează dezvoltarea termoficării urbane atît din motive de economie de combustibil cît şi pentru evitarea vicierii atmosferei. Într-un cartier de 326 000 m² din Milano, un grup de contrapresiune de 18 MW acoperă necesarul de căldură al unei populaţii de 12 000 locuitori.

Instalaţia foloseşte păcură şi serveşte 84 imobile cu un volum clădit de 800 000 m³. A rezultat o reducere cu 25% a consumului anual de combustibil, precum şi o reducere considerabilă a cantităţii de funingine emisă în atmosferă de unitatea de combustibil consumat.

Al doilea raport se referă la oraşele din R.F.G. şi la Berlinul occidental. Peste 68 de reţele sînt în funcţiune, dintre care cele mai vechi servesc doar la producţia şi distribuţia centralizată de căldură, în timp ce cele mai recente sînt reţelele de termoficare. În trecut, fluidul purtător de căldură era aburul, dar acesta a fost treptat înlocuit cu apa caldă. Introducerea termoficării a fost facilitată de programul de reconstrucţie de după război, conform căruia s-au construit 500 000 apartamente anual sub formă de cvartale de locuinţe. În prezent, termoficarea se introduce şi în oraşe relativ mici, avînd circa 50 000 locuitori.

În trecut, încălzirea se făcea mai mult pe bază de huilă, dar aceasta cedează din ce în ce locul produselor petroliere. Una dintre problemele dificile o constituie măsurarea căldurii consumate de abonaţi. În general, în fiecare imobil există cîte un singur contor şi diferiţii locatari îşi împart cheltuielile între ei pe baza suprafeţei apartamentului.

Se subliniază faptul că apa caldă existentă în reţea reprezintă un rezervor important de căldură, în aşa fel încît la orele de vîrf se poate spori considerabil cantitatea de căldură prelevată de la reţea timp de 1—2 ore, fără ca eficacitatea sistemului să sufere.

În proiectarea reţelei trebuie acordată o atenţie deosebită aspectelor hidraulice ale transportului apei calde în conducte, pe străzi şi în imobile. În general se preferă evitarea schimbătoarelor de căldură.

În raport se descrie reţeaua de termoficare în cartierul Steglitz din Berlinul occidental.

17. Subgrupa IV.1. Utilizarea energiei primare şi secundare. Utilizări în industria siderurgică

Producţia mondială de oţel a crescut de la 210 milioane tone în 1951 la 364 milioane tone în 1961, ceea ce reprezintă o creştere de 5,7% anual.

În ultimii ani au fost realizate progrese în numeroasele procedee siderurgice atît pentru ameliorarea calităţii produselor cît şi pentru reducerea preţului de cost, combustibilul fiind elementul cel mai important al preţului de cost.

Tendinţa ce se manifestă în privinţa combustibililor folosiţi constă într-o înlocuire treptată a cărbunelui, în favoarea produselor petroliere şi a gazelor naturale.

Folosirea energiei electrice în siderurgie este în continuă creştere, în parte datorită unor procedee din ce în ce mai complexe cît şi datorită înlocuirii combustibililor prin energie electrică.

Furnalele au fost obiectul a numeroase îmbunătăţiri în ultima perioadă. Randamentul superior obţinut printr-o preparare corespunzătoare a şarjei a condus la o reducere substanţială a consumului specific de cocs şi, de asemenea, la o creştere a productivităţii.

Unul dintre progresele recente realizate îl constituie înlocuirea parţială a cocsului în furnale prin combustibil injectat direct în furnal prin conducte. Pînă în prezent s-a folosit injectarea păcurii, a păcurii vaporizate, a gazului de furnal şi a gazelor naturale. Alte încercări sînt în curs cu privire la injectarea de cărbune pulverizat fie într-un fluid — de exemplu păcură — fie într-un gaz. Injectarea gazelor naturale se face în U.R.S.S. încă din anul 1952 şi este folosită în prezent oriunde sînt disponibile astfel de gaze (citat ca reprezentînd 65% din cazuri). În S.U.A. acest procedeu este introdus pe scară industrială începînd din 1958.

În unele ţări, cum este Australia, unde singurul combustibil local important este cărbunele, injectarea cărbunelui în furnal prezintă un deosebit interes, deoarece din produsele petroliere importate unitatea de căldură revine mai scump. Dacă se adaugă faptul că, în conformitate cu experienţa franceză, înlocuirea cocsului prin cărbune se poate face într-o măsură mai importantă decît prin păcură, rezultă posibilitatea unei reduceri mari a investiţiilor în uzinele de producere a cocsului.

O realizare importantă o constituie şi folosirea turbinelor cu gaze folosind gaz de furnal drept combustibil în loc de suflante. În acest caz este însă necesar să existe şi abur pentru purjare între perioadele de funcţionare a furnalului, ceea ce face discutabilă adoptarea procedeului din motive economice.

În ceea ce priveşte tehnica de producere a oţelului, evenimentul cel mai de seamă îl constituie folosirea oxigenului produs în cantităţi masive, care a avut ca urmare reduceri importante de combustibil atît la procedeul Martin cît şi în siderurgia pneumatică. Procedeele pneumatice elaborate pînă în prezent au un efect şi mai important decît suflajul de oxigen asupra nevoilor de combustibil în oţelării, ca urmare a faptului că nu mai este necesar combustibil în timpul topirii şi afinării. Procedeul cel mai folosit este procedeul austriac L.B., urmat de procedeele Kaldo şi Rotor. Procedeele pneumatice permit să se îmbine ritmul ridicat de producţie prin convertizor Bessener cu calitatea superioară obţinută prin cuptorul Martin. Producţia mondială prin procedee pneumatice va atinge în curînd 100 milioane de tone anual.

O altă noutate o constituie turnarea continuă, care constă în turnarea unui lingou într-o formă scurtă cu fund fals, prin care se extrage în mod continuu lingoul sau tabla şi prin această schimbare în siderurgie se realizează economii energetice deosebit de importante. Deşi pînă în prezent turnarea continuă este folosită doar pentru producţia a 500 000 t anual, este de aşteptat o extindere pe scară mare a metodei.

18. Subgrupa IV.1$_2$ — Utilizarea energiei primare şi secundare. Termoficare industrială

Cele trei rapoarte prezentate în această subgrupă au atins doar parţial tematica importantă a subgrupei şi discuţiile purtate au avut sarcina de a completa aspectele tratate în rapoarte.

În general, se constată că necesarul de energie electrică pentru procese industriale şi utilizări în locuinţe şi localuri creşte în măsură relativ mai mare decît cel de căldură pentru scopuri industriale şi pentru încălzit. De aici rezultă necesitatea obiectivă de elaborare şi aplicare a unor scheme şi metode de producere a energiei electrice, cu recuperarea căldurii de potenţial coborît de la aburul sau gazele de evacuare, în aşa fel încît să rezulte soluţiile cele mai economice pe ansamblul economiei naţionale. În acest spirit au fost descrise scheme termice combinînd turbine cu gaze, cazane de recuperare şi turbine cu abur, furnizînd abur de joasă presiune pentru procese industriale, încălzit sau distilarea apei.

Au fost date exemple de tarife pentru furnizarea energiei electrice şi termice care să stimuleze introducerea şi dezvoltarea termoficării. S-a subliniat că, în interesul economiei naţionale, este recomandabil să se recurgă la CET cu turbine de contrapresiune şi să se preia sau livreze în reţea deficitul sau excedentul de energie electrică. CTE cu condensaţie au fost considerate ca inacceptabile în centrale industriale, ele urmînd a fi instalate în CTE mari, de interes regional sau naţional, ca tendinţa de amplasare în imediata vecinătate a sursei de combustibil. Tarifarea trebuie să încurajeze o astfel de linie de dezvoltare.

Uzine pentru distilarea apei sărate, funcţionînd în combinaţie cu centrale termoelectrice cu abur, cu motoare Diesel sau cu turbine cu gaze sînt considerate tehnic şi economic realizabile în regiuni aride, fiind prezentate exemple de astfel de instalaţii. în funcţiune sau proiectate.

Au fost făcute propuneri de realizare de mici centrale Diesel-electrice care să preia o parte din sarcina electrică şi întreaga sarcină termică a unui cartier. Asemenea centrale ar funcţiona evident în paralel cu CTE mari, folosind combustibili ieftini şi situate la oarecare distanţă de oraş. Încălzirea cartierelor depărtate sau resfirate ar urma să se facă din energia electrică de gol. Un avantaj — care nu trebuie neglijat — al acestei soluţii este reducerea vicierii atmosferei în mediul urban.

Prin asemănare cu nevoia alimentării centralizate cu căldură a oraşelor din regiuni cu climă răcoroasă a fost propusă ideea „frigorificării" (termenul, deşi nu a fost folosit la conferinţă, credem că este cel potrivit), adică producerea combinată de energie electrică şi apă răcită pentru condiţionarea aerului în locuinţe şi birouri din localităţile situate în regiunile tropicale sau ecuatoriale. În legătură cu aceasta, s-a arătat că ar trebui abandonată concepţia urbanistică a unor oraşe tropicale dispersate în favoarea unor cartiere compacte, în ipoteza că ele ar fi prevăzute cu o astfel de reţea de frigorificare justificată economic. Astfel de instalaţii ar contribui substanţial la ridicarea confortului şi productivităţii muncii în regiunile calde şi tropicale, constituind un factor de dezvoltare economică şi socială a acestor regiuni.

Atît în rapoarte cît şi în discuţii au fost prezentate realizări şi proiecte de termoficare, caracteristicile tehnice şi economice variind în funcţie de structura politică şi economică a diferitelor ţări, precum şi de resursele energetice şi stadiul de dezvoltare industrială. A reieşit că ţările socialiste, cu economie planificată, sînt mult mai apte pentru realizări importante în domeniul termoficării.

19. Subgrupa IV.3 — Utilizarea energiei primare şi secundare. Utilizări în transporturi

În problema electrificare sau dieselizare au fost prezentate puncte de vedere diferite. Astfel, dieselizarea este susţinută de australieni (Cooper), scoţînd în evidenţă unele dintre avantajele acestui mod de tracţiune. Alţi participanţi, şi anume în primul rînd francezii (Nouvion), care sînt iniţiatorii sistemului monofazat la frecvenţă industrială, şi japonezii au argumentat foarte documentat în favoarea electrificării. În cazul tracţiunii electrice, pare un lucru absolut indiscutabil astăzi că soluţia alimentării monofazate de la reţeaua de frecvenţă industrială este cea care trebuie adoptată la noile electrificări de linii ; cel mult se poate pune în dubiu oportunitatea trecerii vechilor linii electrificate în curent continuu la noul sistem.

Unele probleme pe care le ridică electrificarea transporturilor la frecvenţă industrială, cum sînt : necesitatea întăririi reţelei de medie tensiune (25 kV), lucrările de cale aferente, influenţa asupra liniilor de telecomunicaţii şi altele, sînt totuşi considerate ca probleme minore care îşi au toate rezolvare.

O problemă care pare a sta în centrul atenţiei, indiferent de sistemul de locomotivă adoptat, este cea a ameliorării aderenţei între roată şi şină şi rezultă că eforturile trebuie depuse într-o proiectare adecvată — electrică şi mecanică — în acest scop.

Locomotiva Diesel-electrică îşi transportă propria ei sursă de energie şi centrală generatoare şi ca urmare este mai mobilă, ceva mai scumpă şi mai puţin economică decît cea electrică, care îşi procură energia dintr-o centrală care este mai economică, chiar ţinînd seamă de pierderile ocazionate de transportul şi transformarea energiei electrice. Hotărîrea finală în alegerea locomotivei Diesel sau a celei electrice este dictată în cele din urmă de consideraţii de politică naţională ; totuşi nu trebuie uitat că locomotiva Diesel trebuie supradimensionată pentru a-şi urca propria ei greutate importantă pe pantele de pe traseu.

Un raportor elvețian (Etienne) a comunicat detalii asupra trenurilor exprese internaționale, în special cele patru trenuri puse în circulație de Căile ferate federale elvețiene, ca un exemplu de cooperare internațională pentru a învinge dificultățile create de particularitățile fiecărei rețele naționale : un tip de tren merge pe 15 kV 16 2/3 Hz în Austria, R. F. Germană și Elveția ; un altul pe 25 kV monofazat 50 Hz în Franța ; un al treilea pe 3 kV c.c. în Italia și un altul pe 1,5 kV c.c. în Franța, Belgia și Olanda. Experiența cîștigată cu distanțe parcurse de 1 000 km zilnic arată că dificultățile inițiale au fost învinse.

Lane (Anglia) s-a ocupat în special de problemele ridicate de alimentarea monofazată din rețelele de 25 și 6,25 kV, relevînd existența unor dificultăți inerente începutului. Cu toate aceste dificultăți, el a raportat o distanță de 40 milioane km parcurși de 500 trenuri, patru din cele opt tipuri de trenuri în exploatare realizînd 80% din distanța totală parcursă. Un parc de 33 locomotive, echipate cu redresoare cu siliciu, a funcționat cu o medie de o defecțiune la 160 000 km. Din cele arătate rezultă o liniștire în ceea ce privește temerile care existau cu privire la efectul sarcinilor monofazate importante asupra sistemului energetic. S-au arătat mijloace de reducere a efectului supărător al acestor sarcini — inclusiv alimentarea directă de la rețeaua de 132 kV, cît și faptul că armonicele de ordinul 3, 5 și 11 nu au dat probleme.

Spre deosebire de cele arătate mai sus, experiența sud-africană indică dificultăți întîlnite din cauza armonicelor de ordinul 3 și 5, care au condus la cazuri locale de rezonanță.

20. Subgrupa IV.4 — Utilizarea energiei primare și secundare. Utilizări în mediul rural

În lucrările acestei subgrupe, atît în rapoarte cît și în discuții, nu au fost prezentate aspecte revoluționare care să afecteze costul instalațiilor de distribuție a energiei electrice în mediul rural, ci doar unele realizări de importanță limitată. Astfel, s-au menționat : folosirea stîlpilor de lemn impregnat sau din beton armat ; folosirea unor conductoare moderne mai economice și permițînd deschideri mai mari ; trasarea liniilor de distribuție prin fotografii aeriene ; reexaminarea perscripțiilor care sînt prea restrictive pentru mediul rural și scumpesc inutil instalațiile.

Tensiunile de distribuție primară folosite în electrificarea rurală variază în limite destul de largi, dar aceasta se atribuie unor condiții istorice de dezvoltare ; pentru regiuni noi, unde nu există servituți, tensiunea de 20—22 kV pare a fi cea preferată din punct de vedere atît tehnic cît și economic.

Cu privire la posturi de transformare montate direct pe stîlpi s-a făcut referire la folosirea descărcătoarelor cu coarne pe partea primară, a siguranțelor fuzibile pe partea secundară și a întreruptoarelor cu RAR pe plecarea ramurilor primare.

O discuție destul de largă a fost purtată în jurul folosirii pămîntului drept conductor în electrificări rurale, unii participanți pledînd în favoarea metodei, în timp ce alții subliniau limitările sale. A fost făcută o propunere de a se folosi o schemă dublu monofazată constînd în linii cu două conductoare alimentate de la un transformator avînd mijlocul înfășurării secundare legat la pămînt. O altă idee menționată a fost aceea a folosirii de transformatoare cu curent de mers în gol ridicat pentru a compensa curentul capacitiv al acestor linii.

Doi participanți au subliniat importanța unei planificări pe termen lung a electrificărilor rurale, atît pentru a se cunoaște investițiile necesitate de lucrările noi cît și cele corespunzătoare întăririi rețelelor existente. Sub acest ultim aspect, s-a manifestat oarecare rezervă față de folosirea schemelor un conductor — pămînt.

Sub latură financiară s-a constatat un consens unanim în a recunoaște necesitatea unui ajutor financiar pentru a permite condiții acceptabile în alimentarea abonaților din mediul rural. Părerile au fost împărțite cu privire la sursa ajutorului financiar necesar. Unii au susținut repartizarea acestor sarcini asupra tuturor abonaților de energie electrică, considerînd că, dacă sistemul are o sarcină de bază puternică, constituită de consumatori industriali și urbani, sarcina financiară ce se repartizează asupra lor este minoră. Alți participanți au susținut repartizarea asupra tuturor contribuabililor, justificînd aplicarea unui gen de impozit motivat de beneficiile generale ale națiunii dintr-o creștere a productivității în agricultură.

21. Subgrupa V.1. — Compararea economică a diferitelor surse de energie

În lucrările acestei subgrupe, autorii trebuiau să supună rapoarte tratînd evaluarea economică a diferitelor forme de energie (primară sau secundară) și coordonarea acestor forme pe plan național. Deși subgrupa a discutat un număr relativ ridicat de rapoarte, ele au tratat în general problema sub aspecte speciale și discuțiile au fost puternic impregnate de modul de gîndire specific economiei capitaliste. Totuși, se pot desprinde unele aspecte interesante pentru țara noastră, care se arată mai jos.

Ideea necesității cooperării internaționale pentru promovarea și dezvoltarea unor resurse energetice noi, expusă în Raportul V.1/13, a fost susținută și de alți vorbitori.

În legătură cu propunerea conținută în Raportul V.1/17 de a se discuta în cadrul Conferinței Mondiale a Energiei o politică economică comună pentru producția de energie electrică și să se formuleze recomandări aplicabile în general la regiuni economice naționale și integrate, au fost exprimate îngrijorări cu privire la modul cum cărbunele, ca sursă primară de energie, tinde să fie înlocuit de produsele petroliere, în special în Europa occidentală. S-a subliniat că pînă în prezent consecințele nu au fost atît de dezastruoase, deoarece a avut loc concomitent și o creștere a nevoilor totale de energie, dar că în viitor este de așteptat o agravare a problemelor social-politice ce sînt consecințe ale acestui proces.

Unii autori au sugerat — deși alții s-au manifestat împotrivă — ca aceste probleme să fie rezolvate prin elaborarea unei politici economice supranaționale, de genul Pieței Comune.

Discuții interesante au fost purtate și pe marginea concluziilor Raportului V.1/7. Scopul acestui raport era examinarea surselor actuale pentru producția de energie electrică în S.U.A. și de a evalua schimbările probabile în balanța de energie electrică a acestei țări pînă în 1975, în lumina prevederilor relative la combustibilii disponibili, prețurile lor și la progresele ce vor interveni în tehnologia explorării, extracției și convertirii lor în energie electrică. Accentul principal se punea asupra unui schimb eventual între combustibilii minerali și combustibilii nucleari în cursul acestei perioade.

Concluziile principale ale raportului sînt :

1. Se așteaptă ca să existe combustibili minerali în cantități suficiente și la prețuri accesibile în toate regiunile S.U.A., cu excepția cîtorva regiuni de importanță redusă, depărtate de surse de combustibili clasici.

2. În consecință, va exista o concurență serioasă din partea combustibililor clasici la introducerea celor nucleari.

3. Reactoarele nucleare trebuie să atingă un grad mai înalt de eficacitate, de finanțare și de funcționare cît și costuri unitare mai scăzute, pentru ca să poată intra în concurență cu combustibilii clasici.

4. Progresele continue în reducerea costurilor combustibililor clasici și în producerea energiei electrice pe baza lor vor continua să exercite o concurență accentuată asupra soluțiilor nucleare.

5. Posibilitatea de introducere a energiei nucleare va servi ca un plafon superior de concurență pentru prețurile combustibililor clasici și va constitui un stimulent pentru perfecționarea tehnologiei producerii transportului și conversiunii combustibililor clasici.

În 1975, combustibilii clasici vor continua să acopere marea majoritate a energiei electrice produse, și anume :

Din totalul de 2 000 TWh, ce se presupune a fi produse în 1975, 1 256 TWh (62,8%) vor fi pe cărbune, 89 TWh (4,5%) pe produse petroliere, 255 TWh (12,7%) pe gaze naturale, 250 TWh (12,5%) hidro și doar 150 TWh (7,5%) nucleară, produse în centrale totalizînd 21,4 GW (7 000 ore utilizare).

Situația în 1960 era : 378 TWh (52%) produse pe cărbune, 46 TWh (6,3%) pe produse petroliere, 146 TWh (20%) pe gaze și 162 TWh (22,7%) hidro.

Un alt subiect care a stîrnit un interes deosebit a fost acela al principiilor ce trebuie avute în vedere la compararea economică a diferitelor surse de energie. Sub acest aspect, în discuții s-a acceptat punctul de vedere conținut în concluziile Raportului V.1/10. În acest raport se susține că obiectivul calculelor tehnico-economice comparative nu este „optimizarea“, ci eliminarea acelor variante care sînt apreciabil mai costisitoare. Aceasta deoarece, în practică, în majoritatea cazurilor există un domeniu destul de larg, de o parte și de alta a optimului (minimului de cheltuieli) în care costurile variază foarte puțin ; cu alte cuvinte, curba cheltuielilor totale este aplatisată în regiunea optimului. Autorii se împotrivesc unei folosiri exagerate a matematicilor în calcule tehnico-economice inginerești. Dintre soluțiile aproximativ tot atît de bune, neeliminate, trebuie aleasă soluția ce se adoptă pe baza unor considerente de judecată complexă, care nu poate fi turnată în tipare. Se susține de autori această teză, cu atît mai mult cu cît, după părerea lor, cifrele economice pot fi cu destulă ușurință manipulate cu tendință în vederea susținerii uneia sau altei variante.

S-a mai arătat că terminologia și metodologia folosite în calcule tehnico-economice în diferite țări diferă mult și s-a emis propunerea ca un comitet să examineze problema elaborării unor recomandări cu caracter internațional privind cel puțin terminologia de folosit în lucrările Conferinței Mondiale a Energiei și eventual și a unor norme de comparare a soluțiilor folosite în energetică.

22. Lista rapoartelor tehnice discutate la sesiune

Subgrupa I. 1 — Resurse energetice mondiale

I. 1/1 (21) P. Salmon și L. Serra (Franța) : Metode de apreciere a resurselor hidroenergetice mondiale.

I. 1/2 (185) V. C. Illing (Mare Britanie) : Factori determinanți în aprecierea resurselor mondiale de petrol și gaze naturale.

În afară de aceste două rapoarte, în această subgrupă s-a discutat și „Recensămîntul resurselor energetice mondiale nr. 1, întocmit de Conferința Mondială a Energiei“, pentru care s-a ținut un raport general separat.

Subgrupa I. 2 — Resurse energetice naționale

I. 2/1 (1) Comitetul național irlandez : Resursele energetice ale Repulicii Irlanda.

I. 2/2 (2) J. Sharples (Federația Malaya) : Recensămîntul regional pentru anii 1955—1960 și prevederile pentru 1965, 1970, 1975 și 1980 relativ la Federația Malaya, Singapore, Sarawak, Brunei și Borneo de Nord.

I. 2/3 (5) F. Neumer și A. Orlicek (Australia) : Resursele energetice ale Austriei și folosirea între anii 1955 și 1960.

I. 2/4 (24) T. S. Bell (Federația Rhodesia și Nyassaland) : Exploatarea și folosirea resurselor primare de energie în Rhodesia și Nyassaland.

I. 2/5 (40) G. J. Maingot (Trinidad și Tobago) : Resursele de energie primară în Trinidad.

I. 2/6 (45) F. Friedensburg (R. F. Germană) : Situația prezentă și perspectivele de viitor ale utilizării resurselor energetice în Republica Federală Germană.

I. 2/7 (51) P. Salmon și J. X. Le Goascoz (Franța) : Recensămîntul național al resurselor primare de energie și previziuni de viitor.

I. 2/8 (57) L. Nenrebecki și A. Kopystianski (R. P. Polonă) : Economia energetică a Poloniei în perioada 1955—1960 și perspectivele de viitor pînă în 1980.

I. 2/9 (61) J. Molina (Spania): Evoluţia situaţiei energetice în Spania în perioada 1955—1960 şi perspective de viitor.

I. 2/10 (75) T. R. Scollon (S.U.A.): Tendinţe în utilizarea resurselor de energie în Statele Unite.

I. 2/11 (85) H. L. Briggs (Canada): Dezvoltarea exploatării şi utilizării energiei în Canada — un recensămînt naţional.

I. 2/12 (86) E. Blomquist, S. Lalander şi N. Lundmark (Suedia): Resurse şi consumuri de energie în Suedia.

I. 2/13 (94) Comitetul naţional pachistanez: Dezvoltarea exploatării şi utilizării resurselor energetice în Pachistan.

I. 2/14 (126) B. Smeds (Finlanda): Situaţia energetică în Finlanda.

I. 2/15 (135) H. Ozaydin (Turcia): Dezvoltarea resurselor generale energetice în Turcia faţă de consumul în creştere pentru perioada scursă de 6 ani şi cea de 6 ani viitori.

I. 2/16 (142) Divizia de cercetări ştiinţifice, Ministerul Energiei (Marea Britanie): Tendinţele în producţia şi utilizarea combustibililor şi energiei în Marea Britanie.

I. 2/17 (143) A. Parker (Marea Britanie): O previziune a consumurilor de energie în Regatul Unit în perioada 1962—1970.

I. 2/18 (148) H. R. Siegrist, F. Chavaz şi W. Schrof (Elveţia): Situaţia actuală şi dezvoltarea economiei energetice a Elveţiei.

I. 2/19 (149) Comitetul naţional argentinian: Studiul general al dezvoltării energeticii în Argentina.

I. 2/20 (151) Y. Tatsumi (Japonia): Structura viitoare a consumului de energie în Japonia.

I. 2/21 (153) Comitetul naţional chilian: Resursele, producţia şi consumul de energie în Chile.

I. 2/22 (175) Comitetul naţional din Israel: Resursele energetice şi dezvoltarea economiei energetice în Israel.

I. 2/23 (180) Comitetul naţional norvegian: Dezvoltarea exploatării şi utilizării energiei în Norvegia.

I. 2/23 (184) F. Mattei (Italia): Realizări şi perspective privind dezvoltarea şi utilizarea resurselor primare de energie în Italia.

I. 2/25 (190) Departamentul dezvoltării naţionale (Australia): Utilizarea energiei primare şi prevederi, 1955—1980.

I. 2/26 (192) F. M. Zablan, H. B. Reyes, P. G. Afable, E. Viardo şi U. F. Lim (Filipine): Studiul exploatării şi utilizării resurselor primare pentru dezvoltarea economiei energetice în Filipine.

I. 2/27 (199) Comitetul naţional marocan: Recensămîntul naţional al exploatării, utilizării şi dezvoltării resurselor de energie primară din 1955 în 1960 şi prevederi din 1961 pînă în 1966.

I. 2/28 (205) Ministerul Afacerilor Economice (Olanda): Resursele primare de energie în Olanda.

Subgrupa II. 1_1 — Producerea şi ameliorarea surselor de energie primară. Combustibili solizi-ligniţi

II. 1_1/1 (59) W. Fiszer şi K. Wrobel (R. P. Polonă): Indicaţii economice pentru adaptarea producţiei de lignit în exploatări deschise la necesităţile centralelor termoelectrice.

II. 1_1/2 (93) F. Barron şi W. Belitz (Irlanda): Producţia de brichete de turbă în Irlanda.

II. 1_1/3 (166) E. D. J. Stewart şi C. S. Gloe (Australia): Caracteristicile geologice ale lignitului şi metodele şi economia exploatării sale.

II. 1_1/4 (168) W. H. Finlayson şi J. E. Varcey (Australia): Brichetarea ligniţilor din statul Victoria şi utilizarea brichetelor.

II. 1_1/5 (186) L. Stanek (R. S. Cehoslovacă): Experienţa cîştigată în exploatarea deschisă a lignitului şi utilizarea lui.

Subgrupa II. 1_2 — Producerea şi ameliorarea surselor de energie primară. Combustibili solizi — huile

II. 1_2/1 (8) D. E. Schrodter (R. F. Germană): Mecanizarea operaţiilor de prospectare, producţie şi manipulare a cărbunilor în subteran în minele de cărbuni din R.F.G.

II. 1_2/2 (10) J. Venter (Belgia): Adaptarea industriei carbonifere belgiene la schimbările intervenite în domeniul energiei primare.

II. 1_2/3 (14) H. L. Pearce şi A. H. Hans (Australia): Realizări recente în industria minieră şi transportul în subteran al cărbunilor în statul New South Wales.

II. 1_2/4 (23) A. Terra şi P. Belugou (Franţa): Aplicarea metodelor ştiinţifice la spălatul cărbunilor.

II. 1_2/5 (56) R. Cheradame şi P. Belugou (Franţa): Rolul electronicii în mărirea producţiei de cărbune.

II. 1_2/6 (69) H. Imai Japonia): Politica recentă în industria carboniferă japoneză.

II. 1_2/7 (76) J. W. Woomer (S.U.A.): Progrese în tehnica producţiei de cărbune.

II 1_2/8 (121) J. Johnstone (Australia): Dezvoltarea unor mine subterane de cărbune ca sursă unică de combustibil pentru o întreprindere de centrale electrice mari.

II. 1_2/9 (141) H. E. Collins (Marea Britanie): Realizări în industria carboniferă britanică.

II. 1_2/10 (163)) N. V. Melnikov (U.R.S.S.): Succese obţinute de industria carboniferă din U.R.S.S.

Subgrupa II. 2 — Producerea şi ameliorarea surselor de energie primară. Combustibili lichizi

II. 2./1 (29) E. C. Salmon şi J. L. Roman (S.U.A.): Îmbunătăţiri în tehnica producţiei de petrol şi gaze.

II. 2/2 (145) C. Fabre, M. Montel, E. Rerolle, L. J. Mathieu, M. Dechet şi R. Navarre (Franţa): Problemele explorării şi exploatării hidrocarburilor în ţările noi.

II. 2/3 (170) A. B. Sulfimanov (U.R.S.S.): Exploatarea cîmpurilor petrolifere submarine în Azerbaidjan.

II. 2/4 (38) P. H. Frankel şi W. L. Newton (Marea Britanie): Aspecte economice ale alimentării cu produse petroliere a industriei energetice.

II. 2/5 (71) J. Kagenira (Japonia): Industria petrolieră a Japoniei — situaţia actuală şi previziuni de viitor.

Subgrupa II.3 — Producerea şi ameliorarea surselor de energie primară. Combustibili gazoşi

II. 3/1 (11) R. H. Touwaide (Belgia): Măsurile luate de industria gazieră belgiană pentru a prelucra noi materii prime.

II. 3/2 (15) J. E. Davis şi D. R. Coote (Marea Britanie): Producţia de gaz de generator din petrol şi hidrocarburi.

II. 3/3 (43) A. H. Jensen (Danemarca): Experienţa de exploatare a unei uzine de reformarea gazului pentru gaz din petrol cracat.

II. 3/4 (64) R. W. Urie (Australia): Producerea de gaz de generator de mare putere calorifică prin hidrogazificarea cărbunelui.

II. 3/5 (107) J. Venter şi P. Stassen (Belgia): Colectarea şi folosirea gazului de mină.

II. 3/6 (140) F. J. Dent, T. S. Ricketts şi M. Maccormac (Marea Britanie): Gazificarea cărbunelui în Marea Britanie.

II. 3/7 (146) C. Padovani (Italia): Industria de gaze naturale în Italia.

II. 3/8 (165) A. Baba şi S. Tachikawa (Japonia): Combustibilii gazoşi în Japonia, cu referire specială la schimbarea de structură în utilizarea şi procesul lor de producţie.

II. 3/9 (42) P. T. Cox (Marea Britanie) : Petrol şi gaze naturale — o comparaţie a perspectivelor lor.

II. 3/10 (155) L. Naszalyi şi B. A. Dér (R. P. Ungară) : Utilizarea deşeurilor agricole ca surse de energie. Producerea de biogaz din îngrăşăminte organice artificiale.

Subgrupa II. 4 — Producerea şi ameliorarea surselor de energie primară. Combustibili nucleari

II. 4/1 (19) Y. Soustellier (Franţa) : Producerea de combustibili nucleari : tehnica franceză şi realizări obţinute.

II. 4/2 (48) F. Pascual-Martinez şi L. Gutierrez-Jodra (Spania) : Producerea de elemente combustibile în cadrul programului nuclear şi implicaţiile economice corespunzătoare.

II. 4/3 (54) I. J. Huet (Belgia) : Metode de încercare a materialelor nucleare.

II. 4/4 (67) A. J. Mooradian (Canada) : Combustibil economic pentru Candu.

II. 4/5 (138) M. Benedict, E. A. Mason şi F. L. Culler (S.U.A.) : Producerea şi utilizarea combustibililor nucleari în Statele Unite.

II. 4/6 (158) N. L. Franklin, K. J. Norman şi I. Wellis (Marea Britanie) : Producerea şi utilizarea combustibililor nucleari.

II. 4/7 (159) Biroul de resurse minerale, geologie şi geofizică (Australia) : Prospecţiuni pentru uraniu în Australia, 1956—1961.

Subgrupa III. 0 — Transformarea energiei primare în energie secundară şi transport de energie. Consideraţii generale

III. 0/1 (4) R. Paquet (Belgia) : Tendinţe în consumul de energie primară în centralele electrice din Belgia.

III. 0/2 (18) K. Schröder (R. F. Germană) : Influenţa combustibilului în proiectarea centralelor electrice.

III. 0/3 (26) D. W. George şi H. K. Meeserle (Australia) : Asupra posibilităţii de generalizare a energiei pe scară industrială, folosind procese magnetohidrodinamice.

III. 0/4 (46) N. Christaller (R. F. Germană) : Metode de acoperire a vîrfului în alimentările cu energie electrică.

III. 0/5 (50) H. Teekman (Canada) : Tendinţele canadiene în dezvoltarea sistemelor electroenergetice, interconexiunea şi cooperarea între ele.

III. 0/6 (70) Y. Takamura (Japonia) : Tendinţe de dezvoltare a sectorului electroenergetic în Japonia.

III. 0/7 (82) J. E. Gilleland, W. E. Dean şi G. O. Wessenauer (S.U.A.) : Unele probleme într-un sistem electroenergetic mare cu grupuri de putere unitară mare.

III. 0/8 (90) H. Hartley (Marea Britanie) : Costurile de transport al energiei ca factor în schimbarea de structură a energiei.

III. 0/9 (49) F. Sykes (Australia) : Consideraţii directoare în industria energiei electrice, cu aplicare specială la statul New South Wales.

III. 0/10 (109) F. Castelli (Italia) : Progrese în folosirea combustibililor în centralele termoelectrice din Italia.

III. 0/11 (157) D. Clark, D. J. Littler şi E. C. Scott (Marea Britanie) : Proiectarea şi exploatarea sistemului energetic al Angliei şi Ţării Galilor.

III. 0/12 (106) A. R. Ulloa (Mexic) : Aspecte economice legate de utilizarea gazelor naturale pentru producerea energiei electrice.

III. 0/13 (122) F. J. Aston (Australia) : Studiul alegerii amplasamentului CTE în statul New South Wales.

III. 0/14 (177) Comisia de electricitate din Queensland (Australia) : Aspecte economice şi de dezvoltare a industriei energiei electrice în statul Queensland.

III. 0/15 (195) A. M. Nekrasov, G. V. Serbinovski şi D. G. Kotilevski (U.R.S.S.) : Dezvoltarea electroenergeticii în U.R.S.S. în perioada 1956—1961.

Subgrupa III. 1_1 — Transformarea energiei primare în energie secundară şi transport de energie. Energie hidraulică de vîrf

III. 1_1/1 (16) A. A. Fulton, R. W. Mountain, T. G. N. Haldane şi E. H. Jones (Marea Britanie) : Folosirea centralelor hidroelectrice de vîrf şi de pompaj în Marea Britanie.

III. 1_1/2 (30) F. E. Dominy (S.U.A.) : Creşterea producţiei de energie electrică prin reducerea evaporării în lacurile de acumulare.

III. 1_1/3 (77) G. J. Vencill (S.U.A.) : Factori determinanţi în alegerea centralelor hidroelectrice de pompaj pentru acoperirea vîrfurilor din sistemul energetic.

III. 1_1/4 (87) Y. Larsson, B. Nordström şi P. G. Edblad (Suedia) : Avantajele acumulării de lungă durată a energiei hidroelectrice.

III. 1_1/5 (116) R. Strub (Elveţia) : Situaţia actuală în dezvoltarea unor maşini hidraulice reversibile în unul sau mai multe etaje.

III. 1_1/6 (101) J. A. Vicens, M. Castillo şi R. Urbistondo (Spania) : Sisteme hidroelectrice proiectate pentru acoperirea vîrfului de sarcină.

III. 1_1/7 (105) G. Padoan (Italia) : Rolul resurselor hidroenergetice pentru acoperirea vîrfurilor de sarcină în Italia.

III. 1_1/8 (130) K. E. Andrews şi E. G. Warrell (Australia) : Dezvoltarea resurselor hidroenergetice şi progrese şi realizări în construcţii subterane în regiunea Munţilor Înzăpeziţi.

III. 1_1/9 (203) M. Wenger (Elveţia) : Echipamente noi pentru a spori eficacitatea economică a energiei reziduale prin pompaj.

Subgrupa III. 1_2 — Transformarea energiei primare în energie secundară şi transport de energie. Energie hidraulică — subiecte generale

III. 1_2/1 (6) G. R. Petterson (Federaţia Rhodesia — Nyassaland) : Schimbarea structurii energiei în Rhodesia — amenajarea Kariba.

III. 1_2/2 (65) A. W. Knight, A. H. Benjamin şi G. T. Colebatch (Australia) : Dezvoltarea energiei hidroelectrice în Tasmania.

III. 1_2/3 (78) C. W. Kinney (S.U.A.) : Aspecte tehnice ale amenajării internaţionale a bazinului Columbia.

III. 1_2/4 (96) K. Pönni, H. Sistonen şi E. Voipio (Finlanda) : Castelul de echilibru al centralei hidroelectrice de mică cădere de la Pirttikoski.

III. 1_2/5 (129) W. M. Fischer (Noua Zeelandă) : Schimbări survenite în dezvoltarea energiei electrice în Noua Zeelandă.

III. 1_2/6 (152) C. Croxatto, A. Bennett şi H. Campero (Chile) : Amenajarea hidroelectrică a regiunii centrale din Chile.

III. 1_2/7 (89) K.P.S. Nair (India) : Resursele hidroenergetice ale Indiei.

III. 1_2/8 (162) A. A. Bescinski (U.R.S.S.) : Energia hidroelectrică în sistemele energetice.

III. 1_2/9 (160) I. M. Costa (Portugalia) : Determinarea utilizării optime a acumulărilor într-un sistem de centrale hidroelectrice interconectate. Cazul alocării acestor acumulări în timpul perioadelor de debite mici.

III. 1_2/10 (176) D. Korvenkontio, V. Hueding şi T. Nilsson (Suedia, Norvegia şi Finlanda) : Proiectul de amenajare hidroenergetică a rîurilor Torne şi Kalix prin cooperare fino-norvegiano-suedeză.

III. 1_2/11 (171) G. G. Svanidze (U.R.S.S.): Metode de alegere a capacității lacurilor de acumulare pentru sisteme hidroenergetice cu acumulare de lungă durată.

III. 1_2/12 (197) D. Cass-Beggs (Canada): Amenajarea hidroenergetică și conservarea apei în bazinul rîului Saskatchewan în Canada.

Subgrupa III. 2 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Energie nucleară

III. 2/1 (31) L. H. Roddis (S.U.A.): Experiența de exploatare cu centrale electrice nucleare mari în Statele Unite.

III. 2/2 (66) J. L. Gray, G. A. Pon, G. J. Philips și D. B. Primeau (Canada): Reactoare cu uraniu natural moderate cu apă grea, pentru producere de energie.

III. 2/3 (124) M. Tourasse, J. Tillequin și L. Fouche (Franța): Cîteva detalii din practica franceză privind construcția de reactoare pentru producere de energie.

III. 2/4 (72) O. Sato și Y. Tanaka (Japonia): Dezvoltarea energeticii nucleare în Japonia.

III. 2/5 (79) K. F. Pittman și U. M. Staebler (S.U.A.): Progrese tehnice în dezvoltarea energeticii nucleare în Statele Unite.

III. 2/6 (80) E. R. Acker, G. White, T. G. Le Clair și C. Starr (S.U.A.); Programul ESADA pentru obținerea de abur de temperatură înaltă în centrale electrice nucleare.

III. 2/7 (110) M. Bruni, M. Campanini, F. Castelli, T. Leardini și G. Quilico (Italia): Aplicații ale energiei nucleare pe scară industrială în Italia.

III. 2/8 (125) C. Leduc și J. P. Roux (Franța): Cercetări cu reactorul de tipul uraniu-grafit. Aplicație la determinarea caracteristicilor reactorului EDF 3.

III. 2/9 (132) E. S. Booth, D. R. Berridge, F. C. W. Colmer, W. H. C. Pilling și G. T. Shepherd (Marea Britanie): Experiența Departamentului central pentru producerea de energie electrică în amplasarea, construcția și punerea în funcțiune a primelor centrale electrice nucleare.

III. 2/10 (164) S. A. Ghalib (Marea Britanie): Energia nucleară în țări slab dezvoltate: considerații financiare.

III. 2/11 (167) W. Cook și R. V. Moore (Marea Britanie): Sisteme moderne de reactoare în Regatul Unit.

III. 2/12 (179) C. K. Beck și J. A. Lieberman (S.U.A.): Condiții și tendințe de protecția muncii la centralele electrice nucleare.

III. 2/13 (204) P. de Haller (Elveția): Reflecții asupra rolului unei centrale electrice nucleare experimentale.

Subgrupa III. 3_1 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Combustibili solizi

III. 3_1/1 (3) R. Loison și P. Foch (Franța): Progrese noi în domeniul carbonizării în Franța.

III. 3_1/2 (17) H. Schult (R. F. Germană): Transportul cărbunelui prin conducte.

III. 3_1/3 (33) H. Perry, M. A. Elliott și H. R. Linden (S.U.A.): Realizări curente privind transformarea cărbunelui în combustibili fluizi în Statele Unite.

III. 3_1/4 (81) G. H. Walker și E. J. Wasp (S.U.A.): Experiența și perspectivele transportului economic al cărbunelui prin conducte.

III. 3_1/5 (91) H. E. Crossley și F. Dransfield (Marea Britanie): Unele probleme ale arderii cărbunelui.

III. 3_1/6 (9) K. Bammert, T. Geissler și E. Nickel (R. F. Germană): Arderea cărbunelui pulverizat în turbine cu gaze cu ciclu închis.

III. 3_1/7 (12) A. H. A. Wynn (Marea Britanie): Realizarea de combustibili solizi fără fum pentru scopuri casnice.

III. 3_1/8 (68) R. P. Donelly, L. W. Samuel și S. Vusna (Australia): Producția de combustibil metalurgic din cărbune sub-bituminos (în Australia de vest).

III. 3_1/9 (174) A. Akimov, N. Todoriev, A. Georgiev și H. Hristov (R. P. Bulgaria): Încercări de ardere a cărbunilor inferiori în R.P.B.

III. 3_1/10 H. R. Brown și P. L. Waters (Australia): Caracteristicile cărbunilor australieni și influența lor asupra structurii utilizării cărbunelui.

Subgrupa III. 3_2 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Centrale termoelectrice — proiectare și exploatare

III. 3_2/1 (13) J. Caldwel și W. F. Simonson (Marea Britanie): Grupuri mari turbogeneratoare pentru producere de energie electrică în Marea Britanie: progrese în proiectarea turbinelor și cazanelor.

III. 3_2/1 (32) W. T. Hess și W. L. Chadwick (S.U.A.): Îmbunătățiri aduse în exploatare și economii realizate prin automatizare în centrale termoelectrice (de exemplu centralele Huntington Beach și Little Gypsy).

III 3_2/3 (44) A. C. Kyaer (Danemarca): Probleme ridicate de cenușa zburătoare emisă de centrala electrică Svanemolle.

III. 3_2/4 (52) F. Toressi (Franța): Progrese realizate în centralele termoelectrice ale EdF („Electricité de France") după 1955.

III. 3_2/5 (73) H. Nagata, T. Eguchi și K. Teshima (Japonia): Utilizarea cărbunilor inferiori în CTE.

III. 3_2/6 (83) R. K. Allen (S.U.A.): Progrese realizate în folosirea cărbunelui în CTE americane.

III. 3_2/7 (136) W. J. Reynolds, N. F. Dalton, L. J. Gardner și G. Bonafede (Australia): Arderea ligniților în CTE mari cu referire specială la caracteristicile cenușii lor.

III. 3_2/8 (154) L. Heller și L. Forgo (R. P. Ungară): Experiența recentă de exploatare cu condensatoare cu aer „sistem Heller" pentru CTE. Ultimele rezultate și realizări.

III. 3_2/9 (88) C. Larsson și B. Nilsson (Suedia): Turbine cu contrarotație în CTE moderne.

III. $3_2$10 (161) Y. Teste (Franța): Producția de energie electrică în CTE cu ciclu mixt abur-gaze.

III. 3_2/11 (156) L. Heller și G. Veres (R. P. Ungară): Ameliorarea economică a degazoarelor prin modificarea ciclului termic al CTE.

III. 3_2/12 (115) C. Seippel (Elveția): Unele tendințe moderne în producția de energie electrică în CTE.

III. 3_2/13 (117) P. Profos (Elveția): Experiența de exploatare cu o CTE funcționînd la 600°C.

III. 3_2/14 (123) I. D. Shugg și K. J. Patterson (Australia): Procedee fizice și metalurgice pentru verificarea stării de funcționare a echipamentului din CTE.

III. 3_2/15 (191) S. Mikhail (R.A.U.): O formă generalizată a diagramei lui Nyquist și o exemplificare a aplicației ei la mari rețele electrice.

III. 3_2/16 (99) R. E. Dow și G. W. Harding (Australia): Unele aspecte privind folosirea combustibililor lichizi pentru producerea de energie electrică.

Subgrupa III. 4 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Combustibili lichizi

III. 4/1 (198) M. Benkirane (Maroc): Studiul vînzării cu amănuntul a produselor petroliere.

Subgrupa III.5 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Combustibili gazoși

III. 5/1 (34) I. J. Trebilcott (S.U.A.) : Tendințe în proiectarea și exploatarea conductelor de gaze naturale.

III. 5/2 (47) W. Wunsch (R. F. Germană) : Posibilitatea optimalizării comenzii automate a unei rețele de distribuție de gaze buclată prin transmiterea și prelucrarea datelor.

III. 5/3 (62) R. Delsol și P. Verret (Franța) : Probleme și perspective ale transportului maritim al gazelor naturale sub formă lichefiată.

III. 5/4 (118) R. J. Maher (Australia) : Considerații tehnico-economice asupra industriei gaziere.

III. 5/5 (139) D. K. Markow (Austria) : Utilizarea gazelor de convertizor pentru producerea de energie electrică.

III. 5/6 (150) E. R. Perez (Argentina) : Dezvoltarea industriei gaziere în Argentina de la iluminat la utilizarea industrială.

III. 5/7 (169) V. M. Galperin (U.R.S.S.) : Gazele naturale în economia energetică a U.R.S.S.

III. 5/8 (187) J. G. Bate (Australia) : Influența materiilor prime asupra industriei gaziere în Australia.

III. 5/9 (188) M. A. Watt (Australia) : Stabilizarea caracteristicilor de ardere a gazelor de rafinărie pentru folosire directă.

III. 5/10 (201) M. Juri și R. Fornes (Argentina) : Stocarea subterană a gazelor în Argentina.

Subgrupa III.6 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Energie geotermică

III. 6/1 (128) J. H. Smith (Noua Zeelandă) : Energie electrică din abur geotermic la Wairakei, în Noua Zeelandă.

III. 6/2 (104) R. Burgassi (Italia) : Experiența italiană privind folosirea fluidelor endogene ca sursă de energie electrică.

III. 6/3 (206) G. Bodvärsson (Islanda) : O apreciere a posibilităților resurselor geotermice în Islanda.

Subgrupa III.7 — Transformarea energiei primare în energie secundară și transport de energie. Energie solară

III. 7/1 (102) R. F. Benseman (Noua Zeelandă) : Energia solară ca sursă de căldură de joasă temperatură. Proiectarea și folosirea unui simulator.

III. 7/2 (119) R. N. Morse și R. V. Dunkle (Australia) : Energia solară ca ajutor pentru dezvoltarea regiunilor tropicale.

III. 7/3 (173) J. R. Hirschmann (Chile) : Studiul actual al cercetărilor privind evaluarea resurselor de energie solară în Chile.

III. 7/4 (183) H. Tabor (Israel) : Utilizarea energiei solare în Israel.

III. 7/5 (207) J. A. Duffie și G. O. G. Löf (S.U.A.) : Colectoare solare pentru producere de energie electrică.

III. 7/6 (208) R. C. Iordan, N. Jouriles și B. H. Y. Lin (S.U.A.) : Metode de evaluare a aparatelor cu concentrare solară.

Subgrupa IV.0 — Utilizarea energiei primare și secundare. Considerații generale

IV. 0/1 (35) W. L. Cisler și A. E. Bush (S.U.A.) : Rolul energiei electrice în necesarul viitor de energie al S.U.A. O analiză a sectorului economic axată în mod special pe încălzirea clădirilor.

IV. 0/2 (36) W. B. Tippy (S.U.A.) : Tendințe și prevederi privind folosirea gazelor în S.U.A. pe categorii principale de consumatori.

IV. 0/3 (55) S. Alvarez și D. Suarez-Candeira (Spania) : Perspectiva folosirii combustibililor clasici în Spania.

IV. 0/4 (144) R. F. Hayman, W. A. Simmonds și G. H. Fuidge (Marea Britanie) : Progrese recente în folosirea gazelor în industrie.

IV. 0/5 (114) D. M. Mocking și M. C. Broome (Australia) : Nevoile energetice ale industriilor de transformare în Australia.

IV. 0/6 (111) E. Caso (Italia) : Producția de căldură pentru termoficare urbană.

IV. 0/7 (127) B. Lyke (Norvegia) : Termoficarea urbană în Norvegia.

IV. 0/8 (98) W. E. Reeve (Australia) : Aspecte noi în domeniul încălzirii cu produse petroliere în Australia.

IV. 0/9 (127) J. Munck și T. Rohloff (Suedia) : Distribuția energiei pentru construcția de tuneluri și pentru exploatări miniere.

IV. 0/10 (58) C. Mejro (R. P. Polonă) : Coordonarea rațională a rețelelor de distribuție de energie electrică, de apă caldă și de gaze în unele orașe din Polonia.

IV. 0/12 (134) M. Eshenazi (Turcia) : Alimentarea cu energie electrică a surselor de iluminat în mari imobile.

Subgruba IV.1_1 — Utilizarea energiei primare și secundare. Utilizări în industria siderurgică

IV. 1_1/1 (39) F. H. Saniter (Marea Britanie) : Tendințele necesarului de energie în industria siderurgică din Marea Britanie.

IV. 1_1/2 (147) M. Hunt (Australia) : Folosirea combustibililor solizi, lichizi și gazoși și interdependența acestora într-o oțelărie modernă.

IV. 1_1/3 (95) O. Kjolseth (Olanda) : Alimentarea cu energie și balanța energetică într-un combinat siderurgic folosind numai cuptoare electrice pentru producerea fontei.

IV. 1_1/4 (172) R. Laurent (Franța) : Aplicații noi ale produselor petroliere în siderurgie.

Subgrupa IV. 1_2 — Utilizarea energiei primare și secundare. Termoficare industrială

IV. 1_2/1 (63) G. Nonhebel (Marea Britanie) ; Realizări în domeniul termoficării în industria chimică britanică.

IV. 1_2/2 (92) C. Castellani (Italia) : Producerea combinată de energie electrică și căldură.

IV. 1_2/3 (113) L. S. Herbert (Australia) : Instalații combinate de desalinizare și de producere de energie electrică pentru regiuni deficitare în apă.

Subgrupa IV.3 — Utilizarea energiei primare și secundare. Utilizarea în transporturi

IV. 3/1 (22) F. Nouvion (Franța) : Progrese realizate în electrificarea căilor ferate cu curent alternativ monofazat de frecvență industrială și efectul lor asupra randamentului tracțiunii electrice.

IV. 3/2 (74) R. Yukawa (Japonia) : Proiect de modernizare a sistemelor de tracțiune ale căilor ferate naționale în Japonia.

IV. 3/3 (60) J. de Arespacochaga (Spania) : Relații de consum între transporturi și energie în Spania.

IV. 3/4 (182) V. A. Somokvalov (U.R.S.S.) : Electrificarea căilor ferate în U.R.S.S.

IV. 3/5 (193) H. D. Awasty (India) : Progresele electrificării căilor ferate cu curent alternativ monofazat de 25 kV în India.

Subgrupa IV. 4 — Utilizarea energiei primare și secundare. Utilizări în mediul rural

IV. 4/1 (7) C. W. G. Bearman și N. A. Davidson (Noua Zeelandă) : Electrificarea rurală în Noua Zeelandă.

IV. 4/2 (97) D. C. Cooper, J. Poppleton și C. H. Humby (Australia) : Aspecte moderne ale consumului de produse petroliere în industria primară australiană.

IV. 4/3 (103) G. Padoan, P. Raciti și G. Simondetti (Italia) : Utilizarea surselor de energie în mediul rural în Italia, cu referire specială la energia electrică. Un studiu pe diferite sectoare.

IV. 4/4 (200) A Tazi și J. Hentschel (Maroc) : Metode folosite în Maroc pentru finanțarea lucrărilor necesare pentru electrificări rurale.

Subgrupa V. 1 — Comparația economică a diferitelor surse de energie

V. 1/1 (20) P. Ailleret (UNIPEDE) : Examinarea aspectelor economice ale diferitelor surse de energie primară ce pot influența producția de energie electrică.

V. 1/2 (25) L. Gouni (Franța) : Aspecte economice ale concurenței între diferiți combustibili.

V. 1/3 (27) H. E. Dann, K. C. Fraser și R. A. K. Palmer (Australia) : Dezvoltarea și interconexiunea resurselor energetice în Australia de sud-est.

V. 1/4 (28) M. G. Graham (Marea Britanie) : Factori ce influențează structura viitoare a pieței mondiale energetice.

V. 1/5 (37) E.L.E. Wheatcroft și A. W. Pedder (Marea Britanie) : Principii pentru evaluarea economică comparativă a surselor de energie.

V. 1/6 (41) F. K. Seheult (Trinidad și Tobago) : O cercetare asupra metodelor de reducere a costului combustibilului în insula Tobago.

V. 1/7 (84) P. Sporn (S.U.A.) : Evaluarea economică a surselor de energie primară și a transformării lor în energie electrică — situația actuală și prevederi de viitor.

V. 1/8 (100) M. Weckel, J. Guilhamon, M. Durand, E. Lecutier și A. Monprofit (Franța) : Coordonarea folosirii mijloacelor de producție de energie electrică în Algeria. Probleme ridicate de apariția unui combustibil cu preț scăzut, gazele naturale.

V. 1/9 (103) M. Mainardis (Italia) : Date comparative privind evaluarea economică a diferitelor surse de energie primară destinate producției de energie electrică.

V. 1/10 (120) G. A. Gaherty, H. L. Hurdie, J. A. Randle și T. D. Stanley (Canada) : Evaluarea economică a diferitelor surse de energie.

V. 1/11 (131) S. Lalander și J. E. Ryman (Suedia) : Comparația economică între diferite tipuri de centrale hidro- și termoelectrice.

V. 1/12 (132) M. Buharalilar și T. Baykal (Turcia) : Evaluarea economică comparativă a formelor de energie și utilizarea lor coordonată în economia turcă.

V. 1/13 (62) L. de Azcarraga (Spania) : Oportunitatea unei coordonări internaționale în vederea exploatării formelor noi de energie și de a evalua în ce măsură pot ele servi ca sprijin pentru formele clasice.

V. 1/14 (181) L. Esparraguera și J. Garrido (Spania) : Schimburi internaționale de energie : aspecte tehnice, economice și juridice.

V. 1/15 (194) H. J. Bhaba și M. Dayal (India) : Unele aspecte economice ale energeticii nucleare în India.

V. 1/16 (196) M. V. Deshpande (India) : Coordonarea diferitelor tipuri de centrale electrice.

V. 1/17 (202) S. Balke, F. Gummert, H. Kost, G. Schlicht, W. Strahringer, J. Wengler, L. Wolf (R. F. Germană) : Problemele coordonării și substituirii în domeniul energiei.

V. 1/18 (178) F. Kucera (R. S. Cehoslovacă) : Evaluarea economică a energiei.

De la Comitetul Național Romîn al Conferinței Mondiale a Energiei

Între 13 și 17 septembrie 1964 va avea loc cea de-a 14 sesiune parțială a Conferinței Mondiale a Energiei, la Lausanne (Elveția), Comitetul Național Elvețian al acestei organizații avînd sarcina de a găzdui această sesiune.

Tema generală a sesiunii parțiale din 1964 este : *„LUPTA CONTRA PIERDERILOR IN ENERGETICĂ”*.

Tema generală a fost împărțită în patru diviziuni principale, care la rîndul lor au fost subîmpărțite în secțiuni bazate pe clasificarea naturală a subiectului și limitînd dezvoltarea temei generale la factorii cei mai importanți.

Comitetul Național Romîn al Conferinței Mondiale a Energiei lansează pe această cale un apel tuturor cititorilor revistei de a pregăti rapoarte care să intre în contingentul romînesc pentru această sesiune. În legătură cu aceasta se dau următoarele indicații cu titlu general :

1. Tema generală a sesiunii se referă în primul rînd la procedee permițînd, pe de o parte, să se îmbunătățească randamentul mijloacelor tehnice folosite în transformarea, transportul și distribuția, cît și în utilizarea diferitelor forme de energie și, pe de altă parte, să se coordoneze judicios aceste mijloace tehnice în limitele raționale economice.

2. Orice măsură luată pentru reducerea pierderilor de energie necesită o cheltuială care trebuie comparată cu economia pe care permite să o realizeze.

3. Soluțiile care se caută trebuie să fie neapărat economic justificabile.

4. Rapoartele prezentate nu trebuie să mai fi fost publicate anterior în altă publicație.

5. Chestiunile care intră în domeniul de activitate al altor organizații internaționale, cum sînt CIGRE, UNIPEDE sau CIGB, sînt excluse din program.

6. Rapoartele trebuie întocmite într-una din cele trei limbi oficiale ale sesiunii : franceza, engleza sau germana ; titlurile trebuie date în toate cele trei limbi.

7. Rapoartele trebuie însoțite de rezumate în fiecare dintre cele trei limbi sus-citate.

Lungimea rezumatelor trebuie să fie de natură să furnizeze o informare cuprinzătoare privind rapoartele, fără să facă însă o repetiție a unor porțiuni din rapoarte.

8. Rapoartele, inclusiv rezumatele, nu trebuie să depășească 6 000 de cuvinte.

Spațiul ocupat de figuri, legende și tablouri se cuprinde în acest total.

9. Persoanele care doresc să prezinte rapoarte vor trebui să trimită pînă la 30 iunie 1963, pe adresa Comitetului Național Romîn al Conferinței Mondiale a Energiei, titlul, numele autorului sau autorilor, rezumatul conținutului raportului și secțiunea în care consideră că trebuie să intre raportul.

10. Pentru titlurile care vor fi reținute, rapoartele complete vor trebui întocmite și predate de către autori, pe aceeași adresă, pînă la data de 30 septembrie 1963.

În cele ce urmează se arată care sînt diviziunile și secțiunile tematicii conferinței, cu precizarea subiectelor preferențiale.

I. ASPECTE GENERALE

Secțiunea I A

Amploarea și limitele reducerii pierderilor

În această secțiune ar fi deosebit de interesant să se dezvolte considerații asupra legăturii între prețul energiei și eforturile făcute în tehnică pentru reducerea pierderilor. În afară de rapoartele privind alte aspecte generale ale temei principale, secțiunea I A va cuprinde studii ale căror subiecte ies din cadrul altor secțiuni ale programului.

Secțiunea I B

Surse de pierderi rezultînd din măsuri de protecție contra efectelor dăunătoare ale instalațiilor de transformare a energiei

II. REDUCEREA PIERDERILOR IN TRANSFORMAREA ENERGIEI

Secțiunea II A

Amenajări hidroenergetice

Reducerea pierderilor în amenajările hidro-energetice se obține prin următoarele mijloace:

— Prin măsuri de ordin general.
— În lucrări hidrotehnice.
— În echipamente electromecanice.
— În exploatare.

Secțiunea II B

Centrale termoelectrice

În general reducerea pierderilor în centralele termoelectrice poate fi obținută :

— fie prin concentrarea producției de energie electrică în centrale de mare putere și prin sporirea puterii unitare a grupurilor;

— fie, dimpotrivă, prin descentralizarea producției pentru a putea combina producerea de căldură și energie electrică într-o instalație unică.

Subiectele care prezintă un interes deosebit pentru diferitele tipuri de centrale sînt următoarele :

1. *Centrale termoelectrice cu abur*

1.1.Concepția și comportarea centralelor cu abur ținînd cont de funcționarea la sarcină variabilă și la sarcină parțială.

1.1.1. — Regimul în caz de sarcină variabilă ; regimul sub sarcină parțială și reglajul acestuia.

1.1.2. — Automatizarea exploatării centralelor termoelectrice.

1.2. Reducerea consumului specific de căldură pe baza rezultatelor de exploatare, prin trecerea de exemplu

— de la unități de 125 la 250 MW;
— de la unități de 250 la 500 MW.

1.3. Perspective ale unor reduceri și mai ample prin trecerea la unități de putere mai mare de 500 MW (valori estimate).

2. *Centrale cu turbine cu gaze*

2.1. Concepția și comportarea centralelor cu turbine cu gaze, ținînd seama de funcționarea la sarcină variabilă și la sarcină parțială :

2.1.1. Regimul în caz de sarcină variabilă. Regimul la sarcină parțială și reglajul său.

2.1.2. Reglajul și automatizarea centralelor cu turbine cu gaze.

2.2.Centrale cu ciclu combinat gaze-abur.

3. Turbine cu gaze de temperatură înaltă.

3. *Centrale Diesel electrice*

3.1. Reducerea pierderilor de căldură la plină sarcină cît și la sarcină parțială, prin răcire intermediară în timpul supraalimentării.

3.2. Utilizarea combustibililor gazoși în motoare Diesel, în scopul sporirii rentabilității.

3.3. Aspectele principale de luat în considerare la alegerea motoarelor Diesel pentru centrale electrice.

4. *Recuperarea căldurii (inclusiv centralele electrice de termoficare)*

Problemele speciale privind producerea de căldură pentru încălzit vor fi tratate în secțiunea IV B.

Subsecțiunea II B-4 va cuprinde rapoarte privind recuperarea de căldură pentru scopuri industriale și de încălzit, ca de exemplu :

4.1.Recuperarea de căldură în centralele electrice, în vederea distribuției economice la consumatori.

4.2. Considerații privind diversele tipuri de mașini termice în legătură cu temperaturile cele mai potrivite pentru recuperarea căldurii.

Secțiunea II C

Tendințe actuale privind îmbunătățirea randamentului energetic al centralelor nucleare

Secțiunea II D

Reducerea pierderilor în transformarea combustibililor

În general, transformarea combustibililor poate fi considerată sub două aspecte : un aspect energetic (producerea unei forme de energie secundară), un altul industrial (obținerea de produse derivate).

În funcție de scopul urmărit, predomină unul sau celălalt din cele două aspecte și este adesea inevitabilă acceptarea pierderilor într-un aspect, în vederea reducerii lor în celălalt.

În plus, pornind de la un singur și același combustibil sau agent energetic, este posibil să se atingă un scop bine determinat, trecîndu-se prin etape sau cicluri de operații diferite, care se traduc prin balanțe energetice, de materiale sau de costuri diferite.

Alegerea energiei brute în vederea producerii unei forme de energie utilă sau a unui produs derivat anumit poate fi dictată de asemenea de considerații de securitate în aprovizionare ; se poate întîmpla astfel să fie necesar să se dea preferință unui procedeu de transformare, care, din punct de vedere al utilizării energiei brute, este mai puțin rațional.

Afară de aceasta, este posibil ca pentru motive de securitate a aprovizionării țării, să fie necesar să se aleagă un procedeu de transformare care să permită utilizarea după voie a diferite forme de energie.

În ce privește alegerea temei rapoartelor, se va ține cont de aspectele fundamentale următoare :

— suprimarea sau reducerea — prin ameliorări economic justificabile — a pierderilor de energie tolerate pînă în prezent în operațiile și în procedeele de transformare ;

— alegerea formei de energie potrivită și dezvoltarea de noi procedee de transformare și cicluri de operații, în vederea reducerii consumului de energie brută pentru atingerea unui scop dat.

Reducerea pierderilor se obține în special în următoarele domenii :

1. În fabricarea gazului și cocsului pornind de la combustibili solizi.

2. În gazificarea combustibililor solizi în gaz sărac, gaz bogat etc.

3. În dispozitive de cracare și de transformare a combustibililor lichizi și gazoși în gaz de încălzit și de sinteză.

4. În procedeele de fabricație bazate pe combustibili solizi, lichizi sau gazoși.

Secţiunea II E

Progresele obţinute în privinţa randamentului energetic în instalaţiile de transformare directă a energiei

1. Generatoare magneto-hidrodinamice.
2. Generatoare termoionice.
3. Generatoare termoelectrice.
4. Pile de combustie.

II. REDUCEREA PIERDERILOR IN TRANSPORTUL ŞI DISTRIBUŢIA ENERGIEI

În transportul şi distribuţia diferitelor forme de energie nu este posibil să se sconteze pe reducerea de pierderi tot atît de importante ca în transformarea şi utilizarea energiei, deoarece cel mai adesea alegerea formei de energie şi a mijlocului de transport sînt determinate de factori pur economici.

Totuşi, în cazul transporturilor masive a diferitelor forme de energie la mari distanţe şi în particular la transportul combustibililor solizi şi lichizi peste un lanţ de munţi, consumul de energie şi deci posibilităţile de a-l reduce devin mai importante.

În cazul combustibililor solizi, lichizi şi gazoşi, problema pierderilor şi cheltuielilor de transport este de fapt legată de cea a stocajului.

Mijloacele de transport cuprind două categorii:

— cele care sînt legate de forma de energie, cum sînt conductele de petrol, conductele de gaz şi liniile de transport de energie electrică.

— cele care sînt utilizate pentru transportul energiei, cît şi pentru transportul de alte produse sau de persoane: căi ferate, şosele, căi navigabile.

Pentru a dezvolta tema principală, va fi deci necesar să se facă o limitare la consideraţii de ordin general sau să se confrunte rezultatele unor studii special efectuate pe sectoare, dat fiind că variază în mod substanţial condiţiile de la o ţară la alta.

Se vor reţine între altele subiectele următoare:

1. Alegerea amplasamentului centralelor termoelectrice în vederea reducerii pierderilor şi cheltuielilor de transport ale energiei primare şi ale energiei electrice, ţinînd cont de condiţiile speciale existente în diferite ţări.

2. Confruntarea costurilor de transport şi de distribuţie a diferitelor forme de energie şi ale consumului de energie (pierderi) în cazul transporturilor masive, ţinînd seama de stocare şi de diferitele mijloace de transport; posibilităţile şi limitele economice ale unei reduceri a acestor consumuri, cît şi a pierderilor şi cheltuielilor de transport.

Paralel cu această comparaţie a diferitelor mijloace de transport clasice, ar fi foarte interesant să se obţină rapoarte cu următoarele subiecte speciale:

3. Metode de compensare a energiei reactive.

4. Compararea posibilităţilor de transport şi de stocare a formelor de energie clasică cu cele ale combustibililor nucleari.

5. Transportul la mari distanţe al gazului natural lichefiat.

6. Experienţe realizate în domeniul stocării subterane a gazelor şi cu privire la pierderile care rezultă.

7. Raţionalizarea transporturilor şi operaţiilor de manipulare a combustibililor solizi şi lichizi, cu ajutorul coneinerelor.

IV. REDUCEREA PIERDERILOR LA UTILIZAREA ENERGIEI

Secţiunea IV A

Industrie

Nu se va ţine seama la acest capitol decît de utilizarea şi deci de pierderile de energie care intervin în instalaţiile industriale propriu-zise.

Pentru a evita o dispersiune prea mare care ar dăuna calităţii discuţiilor, se vor limita subiectele tratate la utilizarea oferind cele mai mari posibilităţi de reducere a pierderilor, între altele:

1. *Siderurgie*

1.1. Reducerea pierderilor în siderurgie prin utilizarea judicioasă a energiei electrice şi a produselor petroliere.

1.2. Colaborarea între industria mare consumatoare de energie electrică şi industria distribuitoare de energie, în vederea limitării vîrfurilor de sarcină şi a pierderilor care rezultă din aceasta.

2. *Electrochimie şi electrometalurgie*

Progresele realizate în procedeele electrolitice şi electrotermice în general, în vederea reducerii consumului de energie electrică.

3. *Petrochimie*

Reducerea pierderilor în industria petrochimică (ţinînd cont de rezultatele celui de-al 6-lea Congres Mondial al Petrolului, care are loc în iunie 1963 la Frankfurt).

4. *Alte industrii.*

Secţiunea IV B

Incălzirea clădirilor, climatizarea şi încălzirea apei

În timp ce în domeniul transporturilor feroviare risipa de energie datorită tracţiunii cu abur este unanim recunoscută şi în timp ce acest mod de tracţiune este înlocuit în proporţii din ce în ce mai mari de tracţiunea electrică sau Diesel, în încălzitul localurilor şi în climatizare risipa creşte în mod continuu.

Această risipă tinde să se amplifice, avînd în vedere tendinţele actuale în construcţia de clădiri şi exigenţele populaţiei în privinţa confortului.

În acest domeniu există deci cele mai importante posibilităţi de a reduce pierderile.

Căutarea unui optim economic în izolarea clădirilor şi în elaborarea unor concepţii noi privind echipamentele de încălzire a localurilor şi pentru climatizare prezintă deci o importanţă capitală în lupta împotriva pierderilor.

În acest domeniu există două moduri principale de luptă împotriva pierderilor:

1. *Reducerea nevoilor de căldură şi energie electrică*

2. *Reducerea pierderilor de energie electrică.*

Importanța resurselor energetice neclasice în lumina lucrărilor primei Conferințe pentru utilizarea noilor surse de energie de la Roma

Ing. *D. BERNFELD*

Prima conferință pentru utilizarea resurselor energetice neclasice organizată de O.N.U., care a avut loc la Roma la sfîrșitul anului 1961, a reunit peste 500 de specialiști din 70 de țări ale lumii.

În cadrul conferinței au fost prezentate 251 de rapoarte tehnice, sintetizate în rapoarte generale, de către 20 de raportori. Rapoartele au fost dedicate următoarelor trei forme de energie: geotermică, eoliană și solară.

Un deosebit aport la conferință l-a adus delegația Uniunii Sovietice, condusă de cunoscutul helioenergetician prof. V. A. Baum, director științific al Institutului de energetică „Krjijanovski" din Moscova al Academiei de Științe a U.R.S.S. Este de remarcat faptul că lucrările conferinței s-au desfășurat într-o perioadă în care în Uniunea Sovietică s-au anunțat principalele obiective energetice ale septenalului în domeniul utilizării acestor energii. Astfel se vor realiza centrale electrice eoliene tip (CEE) de 1 000 kW, centrale electrice solare (CES) de 10 000 kW și primele două centrale geotermoelectrice (CGTE).

Lucrările conferinței au fost îndreptate spre aspectul practic al utilizării acestor resurse energetice, accentul fiind pus pe electrificarea zonelor sărace în alte resurse energetice și pe eficacitatea economică a noilor tipuri de centrale.

Pentru a exemplifica cît de detaliate au fost lucrările conferinței se menționează că numai problema utilizării energiei solare a fost atacată în cadrul mai multor secții, care s-au ocupat de: instalații solare de forță (CES); materiale speciale pentru colectoarele instalațiilor solare; baterii solare utilizate în navele cosmice; acumularea energiei solare și colaborarea energiei solare cu alte forme de energie etc.

Ca urmare a lucrărilor conferinței, Consiliul Economic și Social al O.N.U. a luat o serie de hotărîri importante menite a stimula cercetările în acest domeniu. Conferința a reprezentat cel mai important schimb de informații tehnico-științifice realizat pînă în prezent în domeniul utilizării resurselor energetice neclasice.

Pe lîngă conferință a fost organizată o mare expoziție internațională de instalații energetice utilizînd noile surse energetice, lucrările conferinței încheindu-se cu o excursie organizată de țara-gazdă la o serie de CGTE de mare putere realizate în Italia.

I. Centrale geotermoelectrice (CGTE)

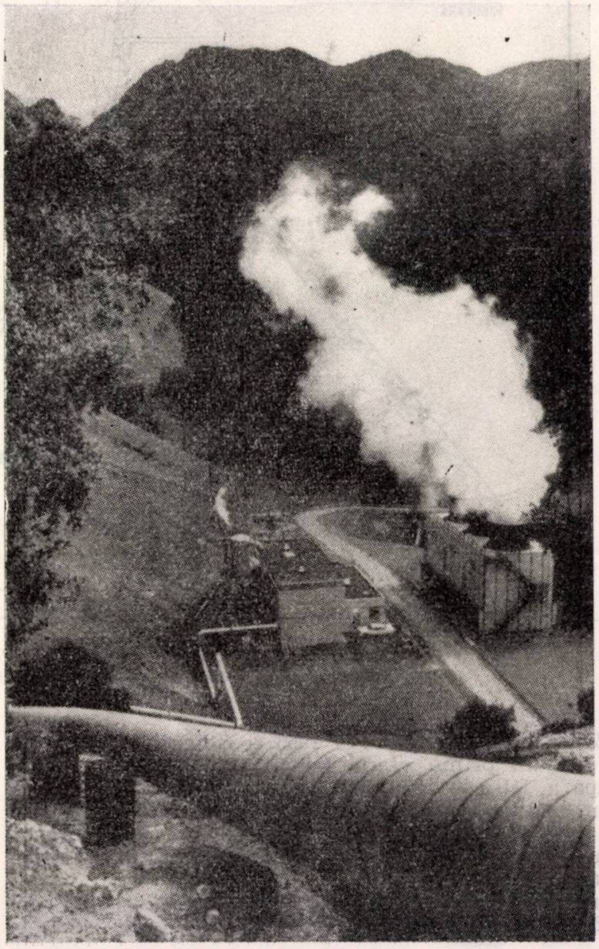
Deși ceea ce caracterizează centralele geotermoelectrice (CGTE) este dependența amplasamentelor lor de zone cu o intensitate mare a fenomenelor termale în sol, așa cum a rezultat în cadrul lucrărilor conferinței, o serie întreagă de zone ale globului sînt în curs de cercetare, în ele fiind amplasate în curs de execuție, în proiectare sau în studiu, CGTE:

U.R.S.S. (Kamceatka, zona orașului Mohaci-Kala); *S.U.A.* (Geysers — Sonoma County, Big Sulphur Creek-California); *Mexic* (Pathé); *Italia* (Travale, Bagnore, Lagoni Rossi, Larderello, Serrazzano, Sasso, Monterotondo, Lago, Castelnuovo-Val di Cecina); *Noua Zeelandă* (Wairakei, Rabaulu, Waistapu); *Islanda* (Reykjavik); *Insulele Hawai; Japonia, San-Salvador* etc.

Țara-gazdă este cea mai avansată în ceea ce privește CGTE realizate și a căror putere instalată totală este de circa 350 MW. Cea mai studiată zonă este Toscana (Larderello, Castelnuovo, Serrazzano, Sasso și Monterotondo), unde parametrii aburului la ieșirea din foraje sînt de 3—6 ata, iar temperatura — în limitele 140—240°C. Se apreciază că pentru întreaga Toscană debitul mediu orar exploatabil al aburului natural ar fi de 3 000 t/h.

A reținut atenția activitatea intensă a specialiștilor din Noua Zeelandă, unde cercetări pe o suprafață de 5 × 1,6 km au fost demarate în 1950. În 1954, puterea instalată a fost stabilită la 20 MW,

Fig. 1. CGTE de la Geysers. În prim plan conducta de abur de 20″



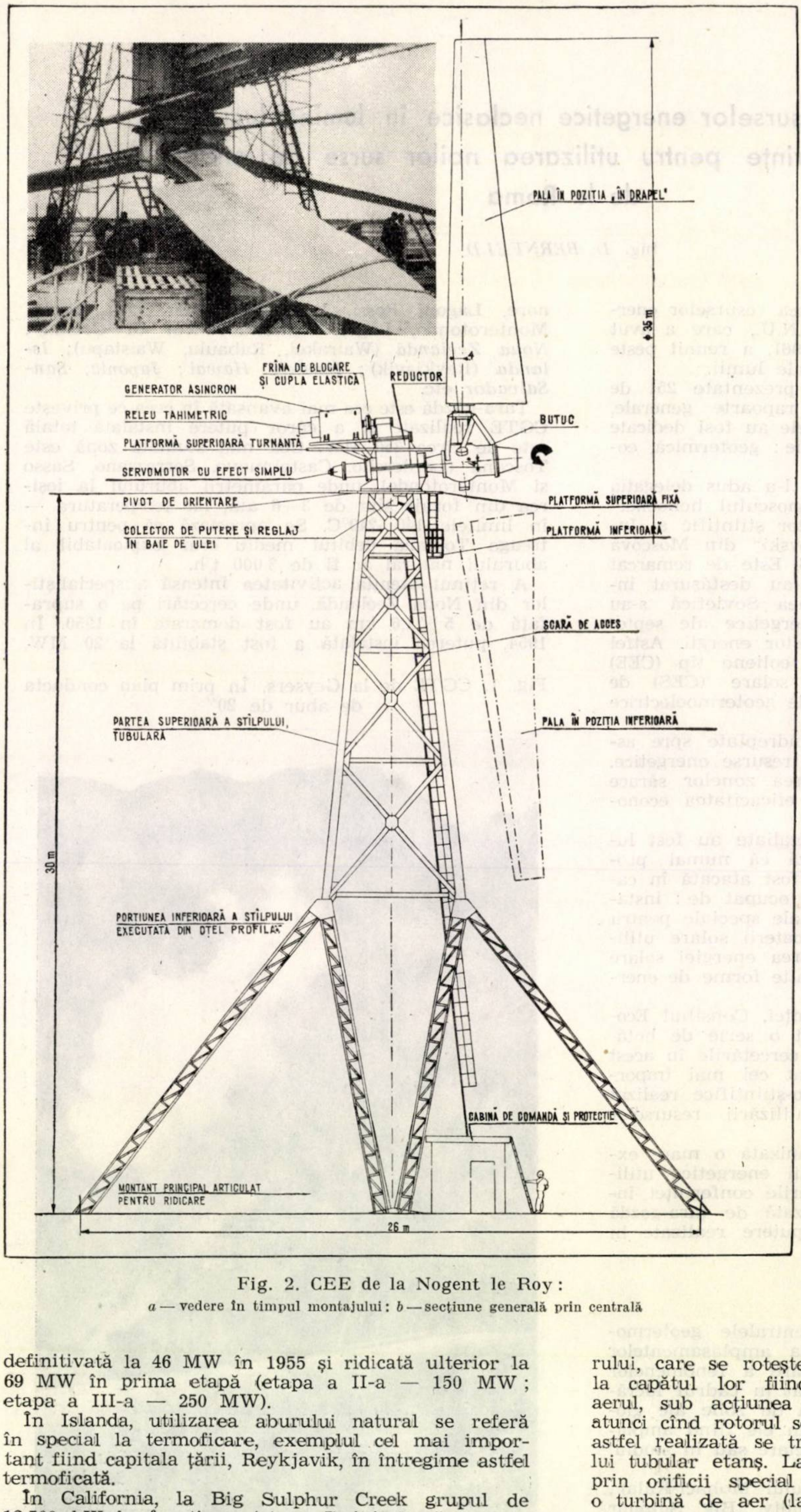

PALA ÎN POZIȚIA „ÎN DRAPEL"
35 m
FRÎNA DE BLOCARE ȘI CUPLA ELASTICĂ
REDUCTOR
GENERATOR ASINCRON
RELEU TAHIMETRIC
BUTUC
PLATFORMĂ SUPERIOARĂ TURNANTĂ
SERVOMOTOR CU EFECT SIMPLU
PIVOT DE ORIENTARE
PLATFORMĂ SUPERIOARĂ FIXĂ
COLECTOR DE PUTERE ȘI REGLAJ ÎN BAIE DE ULEI
PLATFORMĂ INFERIOARĂ
SCARĂ DE ACCES
PARTEA SUPERIOARĂ A STÎLPULUI, TUBULARĂ
PALA ÎN POZIȚIA INFERIOARĂ
30 m
PORTIUNEA INFERIOARĂ A STÎLPULUI EXECUTATĂ DIN OȚEL PROFILAT
CABINĂ DE COMANDĂ ȘI PROTECȚIE
MONTANT PRINCIPAL ARTICULAT PENTRU RIDICARE
26 m

Fig. 2. CEE de la Nogent le Roy:
a — vedere în timpul montajului; *b* — secțiune generală prin centrală

definitivată la 46 MW în 1955 și ridicată ulterior la 69 MW în prima etapă (etapa a II-a — 150 MW; etapa a III-a — 250 MW).

În Islanda, utilizarea aburului natural se referă în special la termoficare, exemplul cel mai important fiind capitala țării, Reykjavik, în întregime astfel termoficată.

În California, la Big Sulphur Creek grupul de 12 500 kW în funcțiune (etapa I) injectează energie în rețeaua de 60 kV a sistemului energetic regional. Costul întregii instalații, inclusiv LEA, dimensionată la puterea instalată finală, este de 2 mil. dolari.

II. Centrale electrice eoliene (CEE)

Începînd cu anul 1931, domeniul utilizării energiei eoliene cunoaște o etapă remarcabilă: construcția și punerea cu succes în funcțiune a primei CEE de la Balaklava (Crimeea), în U.R.S.S., cu o putere instalată de 100 kW. Începînd cu această dată, o serie de CEE sînt realizate în diferite țări, puterile instalate atingînd 1 000 kW, ele fiind destinate a debita energie în rețelele sistemelor energetice. Deoarece însă aproape toate aceste instalații au avut un caracter experimental, generatoarele electrice cu care au fost echipate au avut o putere cu mult inferioară puterii maxime la arborele rotorului eolian în cazul unor viteze mari ale vîntului.

Principalele CEE au fost realizate în diferite țări: U.R.S.S., Franța, Danemarca, Anglia, R.F.G. și în prezent în R. P. Ungară.

În Anglia construcția de CEE de mare putere a mers pe două direcții:

1. A fost realizată o CEE de tip clasic, cu rotorul tripal, avînd un diametru de 15 m și generatorul dispus la capul instalației. Generatorul de 100 kW debitează energia în c.a. la o tensiune de 415 V, care este injectată mai apoi în rețea la 11 kV. Ceea ce caracterizează această instalație, realizată în 1954 și amplasată la Costa Head, este faptul că palele sînt cu pas vertical, unghiul de incidență fiind modificat printr-o comandă hidraulică.

2. Alt tip de CEE a fost realizat cu un an mai tîrziu, după schema inginerului francez Andreau, și amplasată la ST. Albans. Spre deosebire de CEE de tip clasic, la care mișcarea de rotație este transmisă mecanic la arborele generatorului, la această centrală transmisia este pneumatică. Palele rotorului, care se rotește liber, sînt evidate în interior, la capătul lor fiind prevăzute orificii prin care aerul, sub acțiunea forței centrifuge, este evacuat atunci cînd rotorul se află în mișcare. Subpresiunea astfel realizată se transmite și în interiorul stîlpului tubular etanș. La baza stîlpului, aerul pătrunde prin orificii special prevăzute, punînd în mișcare o turbină de aer (la care este cuplat generatorul), ale cărei turații sînt reglate asemănător ca la turbi-

nele hidraulice Kaplan. Se desprinde astfel regimul de funcționare a generatorului de turația rotorului eolian, respectiv de viteza vîntului, pentru limite foarte largi ale ei.

În Franța au fost realizate cu ajutorul întreprinderii de stat „Electricité de France" (EdF) două mari CEE. Prima la Cherbourg, în 1958, cu o putere instalată de 130 kW, executată de casa constructoare de turbine hidraulice „Neyrpic" din Grenoble, iar a doua cu o putere mult superioară — 640 kW — la Nogent le Roy, cu un an mai tîrziu. Remarcabil este faptul că palele primei CEE sînt realizate asemănător fuselajelor aeronautice, înlocuindu-se profilul variat prin două porțiuni de pală de profile diferite ce echivalează cu un profil variat continuu. Cea de-a doua CEE se caracterizează prin utilizarea materialelor plastice la acoperirea palelor.

Construcția CEE în Danemarca s-a desfășurat după un plan național :

1. 1950 — micro CEE de 13 kW la Vester Egesborg ;
2. După 1952 — CEE de 45 kW pe insula Bögo ;
3. 1957 — CEE de 200 kW la Gedser.

Tabela 1

Principalele centrale geotermoelectrice realizate pe glob

Tipul turbinei	CGTE — Țara	Puterea, MW	Temperatura aburului, °C	Presiunea aburului, ata	Conținutul de gaze, %	Debitul de abur la turbină, t/h	Consum specific de abur la turbină la plină sarcină, kg/kWh	Presiunea în condensator, ata
Cu contrapresiune cu abur natural	*Travale* — Italia	1 × 3,5	155	5,50	18	85	24,30	—
	Bagnore I și II — Italia	2 × 3,5	155	5,50	40	196	28,00	—
		1 × 3,8	170	7,50	7	62	16,30	—
	*Lagoni Rossi** — Italia	1 × 3,8	185	7,50	4	58	15,26	—
Cu condensație cu abur natural	*Larderello III* — Italia	4 ×25 (2 × 9)	185	4,75	7	268	9,06	0,120
	Serrazzano — Italia	2 ×15 (2 × 3,8)	185	4,20	4	160	8,51	0,110
	Sasso — Italia	1 ×15 1 × 3	185	4,50	4	146	8,11	0,110
	Monterotondo — Italia	1 ×15	185	4,50	4	121	8,06	0,110
	Lago — Italia	1 ×15	185	6,50	4	112	7,47	0,100
		1 × 8	113	1,60	4	104	13,00	0,100
	Wairakei „A" — Noua Zeelandă	2 × 6,5 8 ×11,15	—	13,70	—	—	—	0,052
	Geysers — S.U.A.	1 ×12,5	175	8,00	0,6—0,75	109	—	0,138
	*Hveragerdi*** — Islanda	2 × 8,5	—	4,50	—	140	—	0,070
Cu condensație cu abur obținut prin transformare	*Larderello* — Italia	2 ×15	185	5,00	7	125	8,16	0,100
		4 ×12	120	2,00	—	154	12,83	0,100
	Castelnuovo —	3 ×12	120	2,00	—	154	12,83	0,100
	Val di Cecina — Italia	1 × 2	90	0,70	—	42	21,00	0,100
Cu condensație cu abur de destindere	*Wairakei „B"* — Noua Zeelandă	3 ×30	—	1,35	—	—	—	0,052

* În curs de montaj.
** Proiect.
( ) Consum propriu.

Tabela 2

Centrale electrice eoliene debitînd energie în rețea

Centrala electrică eoliană (CEE)	Țara	Anul intrării în funcțiune	Puterea N, kW	Turația n, rot/min	Viteza vîntului V, m/s	Diametrul rotorului D, m	Suprafața baleiată S, m²	Putere specifică N, kW/m²	Înălțimea axei H, m	Tipul stîlpului
Balaklava	U.R.S.S.	1931	100	30	10,50	30	707	0,142	25	met. z
*Zyklon*****	S.U.A.	—	125	60	9,00	30	707	0,177	50	met. t
Costa Head	Anglia	1954	100	130	15,50	15	177	0,565	20,5	met. z
St. Albans	Anglia	1955	100	96	13,30	24	452	0,221	30,5	met. t
Gedser	Danemarca	1957	200	30	15,00	24	452	0,442	25	beton
Stötten	R.F.G.	1957	100	42	8,00	34	900	0,111	22	met. t
Cherbourg	Franța	1958	130	56	12,00	21	348	0,374	20	met. z
Nogent le Roy	Franța	1959	640	47	16,00	30	707	0,906	33	met. z
Akmolinsk	U.R.S.S.	1959	1 200*	69,36	12,00	18	2 868**	0,418	20	met. z
Ledacs-Kiss	R.P.U.	1963***	280	17,85	12,00	36,6	1 055	0,265	35	beton

* 12 × 100 kW
** 12 × 239 m²
*** Montajul CEE *Ledacs-Kiss* este programat pentru trim. II 1963
**** Proiect

met. z — stîlp metalic zăbrelit
met. t — stîlp metalic tubular
beton — stîlp de beton armat

Specialiştii danezi intenţionează să utilizeze pe scară largă acest din urmă tip de CEE pentru a acoperi o parte însemnată din necesarul energetic al ţării, în prezent tributară importului de energie, avînd în vedere rezultatele excepţionale obţinute în exploatarea CEE de la Gedser — $\eta = 63\%$ — şi ţinînd seamă de regimul eolian favorabil pe întreg teritoriul ţării. Două centrale de acest tip au funcţionat împreună 7 ani şi 7 luni cu numai două întreruperi (perioada maximă de exploatare automată fără supraveghetor — 9 luni).

CEE de la Stötten (R.F.G.), realizată în 1957 şi avînd o putere instalată de 100 kW, este prima CEE din lume cu palele executate în întregime din materiale plastice poliestere, armate cu fibre de sticlă. Regulatorul de turaţie electronic de construcţie A.E.G. permite conectarea şi deconectarea complet automată a centralei la reţea şi de la reţea.

Cele mai noi tendinţe în domeniul CEE manifestate la conferinţă se referă la U.R.S.S. şi R. P. Ungară.

În U.R.S.S. funcţionează cu succes prima centrală-„baterie“, bazată pe principiul funcţionării în paralel a mai multor CEE, dispuse pe o mare suprafaţă, şi permiţînd astfel aplatizarea pe cuprinsul acestei suprafeţe a pulsaţiilor de vînt captate.

În R. P. Ungară se fac ultimele pregătiri pentru montarea CEE Ledacs-Kiss, de 200 kW, remarcabilă prin faptul că se renunţă complet la dispozitivele de reglaj ale palelor, reglajul turaţiei efectuîndu-se numai prin modificarea unghiului de atac al planului rotorului faţă de direcţia vîntului. Aceasta reduce simţitor costul instalaţiei, fiind totodată evitat elementul cel mai costisitor, mai delicat şi mai puţin realizat pînă în prezent în tehnica construcţiei centralelor electrice eoliene de mare putere, regulatorul de turaţie.

III. Centrale electrice solare (CES)

Aşa cum a rezultat din referatele prezentate în număr mare la secţia de energie solară, utilizarea energiei solare începe să capete în ultimii ani o mare dezvoltare. Energia radiaţiilor solare este utilizată pentru producerea de apă caldă, abur, distilare, topirea unor metale etc. Apa caldă poate fi utilizată în scopuri menajere sau pentru condiţionarea aerului în clădiri. Aburul poate fi folosit pentru un consum tehnologic sau pentru producerea energiei electrice.

În diferite ţări se studiază şi se fac cercetări experimentale pentru îmbunătăţirea tipurilor de instalaţii heliotermoenergetice şi de creştere a capacităţii acestora. Îmbunătăţirea randamentului se poate obţine prin ridicarea parametrilor aburului produs şi creşterea puterii turbinei de abur, fapt care atrage după sine, însă, complicaţii constructive ale colectorului de radiaţii şi totodată implică dimensiuni exagerate şi sisteme de orientare costisitoare.

În domeniul CES de ordinul MW au fost obţinute rezultate importante în U.R.S.S., unde a fost elaborată prima mare CES, cu o putere instalată de 10 MW, suprafaţa totală a colectoarelor atingînd 20 000 m^2.

În afara centralei amintite, prezintă un deosebit interes CES din apropierea muntelui Ararat (R.S.S. Armeană), unde oglinzi orientabile după poziţia soarelui şi montate pe cărucioare mobile concentrează razele asupra unui generator de abur, orientabil, la rîndul său, montat pe un stîlp de 40 m înălţime. Caracteristicile instalaţiei sînt: $N = 1\,200$ kW, $T = 2\,600$ h/an, $E = 2{,}5$ mil. kWh/an; $\eta = 35\%$.

CES Trombé de la Montlouis (Pirineii Orientali — altitudine 1 600 m), realizată în 1952, are o durată de utilizare $T = 2\,500$ h/an. Instalaţia comportă o oglindă plană de 135 m^2, compusă dintr-un număr mare de oglinzi de sticlă argintată, ce se dirijează automat după soare cu ajutorul unor celule fotoelectrice, o oglindă parabolică fixă de 90 m^2, cu rolul de centralizator, şi un cuptor de 75 kW la 3 200°C.

Avantajul acestei instalaţii constă în aceea că se realizează temperaturi înalte, fiind exclusă apariţia gazelor, a cîmpului electromagnetic etc., putîndu-se realiza sinteze chimice ce pînă la această dată erau practic de nerealizat. Au putut fi studiate oţeluri speciale şi noi materiale ultrarezistente şi ultrarefractare (silicaţi şi zirconaţi). S-au obţinut pînă la 50 kg zirconiu pe zi.

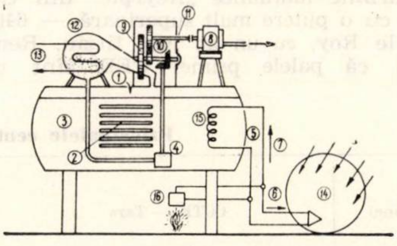


Fig. 3. Schema principială a agregatului helioenergetic „Tabor" :

1 — compus organic (vapori); *2* — acumulator de căldură; *3* — compus organic (lichid); *4* — pompă de alimentare; *5*—termosifon; *6*—apă fierbinte; *7* — abur; *8* — generator electric; *9* — turbină; *10* — reductor de turaţie — 18 000/3 000 rot/min; *11*—cuplă; *12*—condensator; *13* — apă de răcire; *14*—colector staţionar; *15*—schimbător de căldură; *16*—încălzire auxiliară.

În 1962 a început construcţia CES de la Odeillo (lîngă Montlouis) de 1 500 kW.

În Algeria a fost realizată o instalaţie de 50 kW utilizînd o singură oglindă de 50 m^2, cu ajutorul căreia se pot realiza temperaturi de ordinul 3 000°C.

Agregatul electric solar de 5 CP (fig. 3), prezentat la expoziţia organizată cu prilejul conferinţei, şi care a fost întîmpinat cu un deosebit interes de specialiştii prezenţi, funcţionează după următorul principiu: razele solare, concentrate de reflectorul cu focalizare *14*, încălzesc agentul motor *3*, format dintr-un compus organic, prin intermediul unui termosifon cu apă-abur *6*—*7*. Vaporii de agent acţionează o turbină cu o singură treaptă, care antrenează un generator electric şi pompa de condensat. La ieşirea din turbină, vaporii sînt condensaţi într-un condensator răcit cu apă, iar condensatul este introdus în circuit cu ajutorul pompei de condensat. Pentru a se asigura o funcţionare continuă a generatorului pe parcursul a 24 de ore, precum şi pentru a se menţine constantă temperatura agentului motor, instalaţia este prevăzută cu acumulatoare de căldură care funcţionează pe principiul cedării căldurii latente de topire a unui material special. Agregatul este prevăzut cu o instalaţie auxiliară de încălzire cu combustibil, *16*. Preţul kW$_i$ pentru prototipul realizat se estimează la circa 1 000 dolari/kW$_i$.

Bibliografie

[1] Netschert, B. C. şi Loef, G. O. G. *Les nouvelles sources d'énergie et l'économie énergetique du globe. Conférence des Nations Unies sur les sources nouvelles d'énergie. Roma, 1961.*

[2] *Conférence des Nations Unies sur les sources nouvelles d'énergie.* Document de travail, E/conf. 35/L1. 15.III.1961.

[3] *Wind, sun and natural steam — new sources of energie challenge man's ingenuity to harness them.* În: U.N. Review, *8* (1961), nr. 3, p. 18—21.

[4] *Enery from wind and sun — Rome Conference of U.N.* În: Electrical Times, *140* (1961), nr. 9, p. 294—297.

[5] *Energy sources for developing countries. United Nations Conference in Rome.* În: Electrical Review, *169* (1961), nr. 11, p. 422—424.

[6] *Konference Spojenych Národú o novych zdrojich energie.* În : Energetika — Praha, *12* (1962), nr. 1, p. 51—52.

[7] *Les nouvelles sources d'énergie. Conférence des Nations Unies, Rome, 21—31 Août 1961.* În : La Technique Moderne, *LIV* (1961), nr. 1, p. 7—12.

[8] *Wind- und Sonnenergie. Zur U.N. Konferenz über neue Energiearten, Rom.* În : Archiw für Energiewirtschaft, nr. 4, 1962, p. 139—146.

[9] Sennato, R. *La conferenza delle Nazioni Unite sulle fonti di energia : energia solare, energia eolica, energia geotermica.* În : l'Elettrotecnica, *XLIX* (1962), nr. 2, p. 82—91.

[10] Medici, M. *La conferenza delle Nazioni Unite sulle energie.* În : L'Ingegnere, oct. 1961.

[11] Bernfeld, D. — *Realizări din ţările socialiste în domeniul resurselor energetice neclasice în perioada pînă la Conferinţa mondială de la Roma.* Conferinţă ţinută la Institutul de energetică al Academiei de Ştiinţe din R. P. Bulgaria. Sofia, mai 1961.
— *Noi surse energetice în slujba electrificării şi mecanizării agriculturii. Pe marginea lucrărilor primei Conferinţe O.N.U. pentru utilizarea energiei eoliene, solare şi geotermice de la Roma.* În : Mecanizarea şi electrificarea agriculturii, *VII* (1962), nr. 3, p. 45—46.
— *Probleme de meteorologie în cadrul lucrărilor primei Conferinţe O.N.U. pentru utilizarea noilor resurse energetice.* În : Meteorologia, hidrologia şi gospodăria apelor, *VII* (1962), nr. 2, p. 153—154.
— *Despre perspectivele instalaţiilor eoliene de forţă în lumina lucrărilor Conferinţei de la Roma.* Conferinţă ţinută la Asociaţia pentru gospodăria energetică, Budapesta, octombrie 1962.

Aspecte de la cel de-al 6-lea colocviu al organizaţiei ştiinţifice: „Brennstofftechnische Gesellschaft in der D.D.R." ţinut la Dresda (7—9 noiembrie 1962)

Ing. *N. PĂNOIU* şi ing. *I. CARABOGDAN*

Lucrările celui de-al 6-lea colocviu al asociaţiei germane de combustibil „Brennstofftechnische Gesellschaft in der D.D.R." s-au desfăşurat în cadrul unei manifestări ştiinţifice mai largi, al celei de-a 4-a sesiuni ştiinţifice a Universităţii tenhice din Dresda.

Această manifestare internaţională a cuprins prezentarea a 52 comunicări ştiinţifice, dintre care 17 comunicări ale participanţilor străini în patru secţii de specialitate, după cum urmează :

1. Secţia de maşini-unelte, condusă de prof. dr. ing. habil. Berthold, la care s-au prezentat 16 comunicări ştiinţifice, dintre care 9 au fost prezentate de specialişti străini (4 din U.R.S.S., 2 din R.S.C., 2 din R.P.P., 1 din R.P.R.).

Prof. dr. ing. Crişan din R.P.R. (Braşov) a prezentat comunicarea : „Propuneri pentru folosirea metodelor optice de măsurarea axelor principale ale maşinii".

2. Secţia angrenaje, condusă de prof. dr. ing. habil. W. Lichtenheldt, la care s-au prezentat 11 comunicări, dintre care una din U.R.S.S. şi una din R.P.R. Prof. dr. ing. D. Mangeron din R.P.R. (Iaşi) a prezentat comunicarea : „Metoda geometrică tangenţială şi folosirea ei în calculul angrenajelor".

3. Secţia de tehnica căldurii, condusă de prof. dr. ing. W. Boie, în care s-au prezentat 12 comunicări ştiinţifice, dintre care 3 din străinătate (1 din R.S.C., 1 din R.P.R., 1 din R.P.P.).

Ing. N. Pănoiu, ing. I. Carabogdan, ing. G. Singer din R.P.R. (Bucureşti) au prezentat comunicarea : „Asupra măcinării şi arderii ligniţilor din R.P.R. în stare pulverizată".

4. Secţia tehnica frigului, condusă de prof. dr. rer. nat. H. Jungnickel, la care s-au prezentat 13 comunicări ştiinţifice, dintre care 4 din străinătate (1 din U.R.S.S., 3 din R.S.C.), la care ţara noastră nu a participat cu comunicări.

În cadrul secţiei Wärmetechnik s-au prezentat comunicările :

1) Prof. dr. ing. H. Loemke (Bergakademie Freiberg), ing. E. F. Goetz (V. E. B. Mitteldeutscher Feuerungsbau Leipzig) : „Asupra dezvoltării morilor de praf de cărbune autoventilate de mare putere".

2) Ing. W. Altmann (V.E.B. Kraftwerk Trattendorf) : „Probleme de aerodinamica separatoarelor de praf ale morilor-ventilator".

3) Ing. K. Maschke (V.E.B. Kraftwerk Lübbenau) : „Cercetări asupra comportării prafului în separatoarele şi conductele de praf ale morilor-ventilator".

4) Prof. ing. W. Herrmann (Hochschule für Schwermaschinenbau Otto von Guericke Magdeburg) : „Cercetări asupra arderii combustibililor cu conţinut ridicat de cenuşă în centrala Lübbenau".

5) Ing. H. Gast şi ing. W. Voelkel (V.E.B. Mitteldeutscher Feuerungsbau Leipzig) : „Cercetări asupra repartiţiei CO_2 şi temperaturii în focarul cazanului de 160 t/h cu mori-ventilator".

6) Ing. K. Anacker (V.E.B. Chemische Werke Buna) : „Reconstrucţia instalaţiilor de pregătirea prafului la cazane cu arzătoare frontale şi un singur drum de gaze".

7) Ing. N. Pănoiu, ing. I. Carabogdan şi ing. G. Singer (Institutul de energetică al Academiei R.P.R. — Bucureşti) : „Asupra măcinării şi arderii în stare pulverizată a ligniţilor din R.P.R.".

8) Prof. dr. ing. M. Sasiadek (Technische Hochschule Wroclaw — R. P. Polonă) : „Asupra măcinării cărbunilor cu aer sub presiune".

9) Ing. G. Seidel (Institut für Wärmetechnik und Automatisierung der Silikathüttenindustrie — Jena Bergbau) : „Cercetări asupra formării flăcării la combustibili solizi şi gazoşi în cuptoare rotative".

10) Ing. J. Kanter (Forschungs und Versuchsanstalt für Strömungsmaschinen — Dresda) : „Cercetări asupra pulverizării prin rotaţie".

11) Dr. rer. nat. W. Schneider (Technische Universität — Dresda) : „Întrebuinţarea cromatografiei gazelor în probleme speciale a analizei gazelor de ardere".

12) Prof. dr. ing. Dolezal (Institutul politehnic din Praga — R.S.C.) : „Asupra vitezei de ardere a combustibililor solizi în focarele cazanelor cu evacuare lichidă a zgurei".

1. În lucrarea : „Asupra dezvoltării morilor de praf de cărbune autoventilate de mare putere" se face o analiză tehnico-economică comparativă între morile cu ciocane cu puţ şi ambrazură şi morile-ventilator, mori considerate ca cele mai adecvate pentru arderea cărbunilor bruni.

După o prezentare scurtă a fazelor prin care a trecut construcţia celor două tipuri de mori se prezintă tipurile principale de mori cu ciocane şi mori-ventilator construite în momentul de faţă în R.D.G. Se menţionează în figura 1 construcţia normală a morilor cu ciocane şi dimensiunile principale de gabarit.

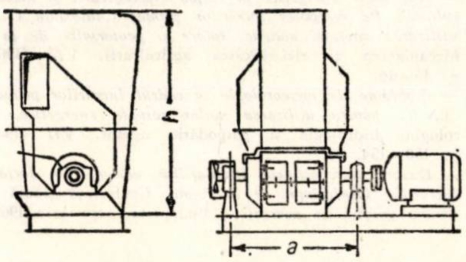
Aceste tipuri de mori sînt marcate cu indicele *M*, urmat de o cifră ce indică aproximativ suprafaţa activă a rotorului (produsul diametru × lungime).

În figura 2 se prezintă morile de încărcare specifică mare marcate cu indicele *HM*, urmat de o cifră ce indică aproximativ suprafaţa activă a rotorului.

În figura 3, *a* se prezintă o diagramă în care se arată debitele pentru care se construiesc cele două tipuri de mori.

În figura 3, *b* se arată fineţea de măcinare şi consumul specific de energie electrică, realizate de morile cu ciocane de încărcare mare, *HM*, în cazul arderii diverselor tipuri de cărbuni.

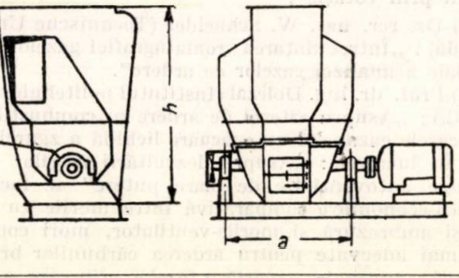
Se menţionează, în raport, o încărcare specifică a rotorului de 10 t/m²h la morile normale *M* şi de 15—35 t/m²h la morile *HM*. Este interesant de arătat că la construcţiile cele mai noi în vederea asigurării unei autoventilări cu gaze de ardere prelevate din focar s-a mărit viteza periferică a rotorului pînă la 82 m/s.



Tip	Turația nominală, rot/min	Diametrul rotorului, mm	Lungimea rotorului, mm	Secțiunea activă a rotorului, m²	Diametrul axului, mm	Distanța între lagăre, mm	Înălțime h, mm	Suprafața ocupată, m²	Volumul turnului, m³
M 0,3	1 000	1 300	245	0,32	90	1 200	3 500	4,0	19
M 0,6			515	0,67		1 500		5,0	23
M 1,0			785	1,02	130	2 000		6,0	27
M 1,25			1 055	1,37		2 300		6,5	30
M 1,6			1 325	1,72		2 600		7,0	33
M 2,0	750	1 670	1 325	2,20	170	2 700	4 300	9,5	35
M 2,5			1 595	2,66		3 000		10,0	55
M 3,2			1 865	3,10	200	3 400		11,0	62
M 4,0		2 070	1 865	3,90		3 400	4 500	13,0	70

Fig. 1. Dimensiunile principale ale morilor cu ciocane de construcție normală construite în R.D.G.

În figura 4 se prezintă tipul de moară-ventilator fabricat în R.D.G., cu mențiunea că separatorul de praf suferă modificări funcție de mărimea morii. Morile sînt notate cu litera N, urmată de cifra ce indică debitul morii, în t/h.

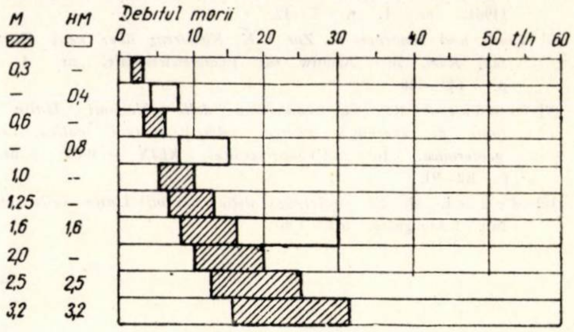


Tip	Turația nominală rot/min	Diametrul rotorului, mm	Lungimea rotorului, mm	Secțiunea activă a rotorului, m²	Diametrul axului, mm	Distanța între lagăre mm	Înălțimea h, mm	Suprafața ocupată, m²	Volumul turnului m³
HM 0,4	1 000	1 670	245	0,41	130	1 400	4 300	5,5	23
HM 0,8		1 670	515	0,86		1 700		6,5	40
HM 1,6		1 670	1 055	1,76	170	2 500		8,0	51
HM 2,5	750	1 870	1 325	2,48		3 000	4 500	11,0	67
HM 3,2		2 070	1 595	3,30	200	3 400	4 700	12,5	83
HM 4,0		2 270	1 595	3,52	220	3 400	4 900	13,5	92

Fig. 2. Dimensiunile principale ale morilor cu ciocane de încărcare specifică mare (*HM*) construite în R.D.G.

Caracteristicile tehnice ale morilor-ventilator sînt date în tabela 1.

Finețea de măcinare a prafului de la morile-ventilator funcție de tipul cărbunelui folosit și conținutul de balast se prezintă în figura 5.



a

	Restul pe sita de 200 μ %	Consum specific de energie electrică, kWh/t
Cărbune brun	15—30	6—8
Cărbune brun uscat	10—20	12—16
Brichete de cărbune brun	20—30	14—18
Semicocs	15—25	14—20
Mixte de cărbuni de piatră	10—15	12—18
Cărbuni de piatră	10—15	15—25
Materii volatile la masa combustibilă minimum 15 %		

b

Fig. 3 :

a — Debitele morilor cu ciocane construite în R.D.G.; b — finețea de măcinare și consumul specific de energie electrică la măcinarea diverselor tipuri de cărbuni (pentru morile *HM*).

Vitezele periferice adoptate la construcția morilor-ventilator sînt de 88 m/s.

Pe baza unei analize tehnico-economice comparative între morile cu ciocane *HM* și morile ventilator, autorii scot în evidență următoarele în legătură cu funcționarea acestora cu cărbune brun :

— morile cu ciocane de tipul *HM* prezintă la debite mari consumuri specifice de energie electrică comparabile cu acela al morilor-ventilator, cu mențiunea că la scăderea debitului

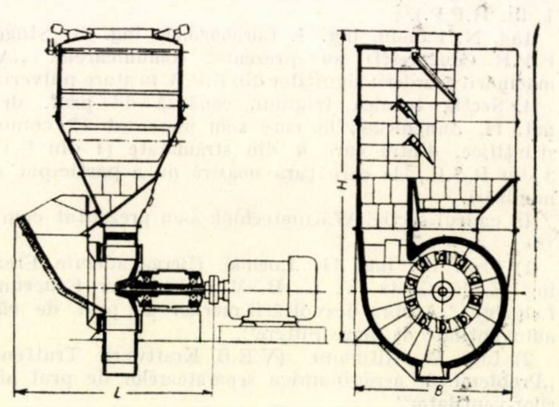


Fig. 4. Tipul morii-ventilator fabricat în R.D.G.

morii consumul specific de energie electrică are o creștere cu mult mai accentuată la morile cu ciocane, așa cum se arată informativ în figura 6 ;

— morile-ventilator solicită, într-o oarecare măsură, un spor de putere instalată față de morile cu ciocane, avînd rotorul cu o inerție mai mică ;

Tabela 1

Mori-ventilator pentru cărbune brun

Tip	Debit t/h	Turația nominală rot/min.	L mm	B mm	H mm	Puterea motorului kW
NV 2,5	2,5	1 500	2 300	2 350	3 650	50
NV 5	5	1 500	2 400	2 350	3 750	80
NV 8	8	1 000	3 370	2 700	4 600	100
NV 10	10	1 000	3 400	2 700	4 700	125
NV 12,5	12,5	1 000	3 500	2 700	4 800	160
NV 16	16	1 000	3 550	3 200	4 900	200
NV 20	20	1 000	3 600	3 200	5 100	200
NV 25	25	1 000	3 790	3 200	5 500	250
NV 32	32	1 000	3 875	3 200	6 000	315
NV 40	40	în perspectivă				
NV 50	50					
NV 63	63					

— încărcarea specifică a rotorului celor două tipuri de mori (*HM* și ventilator) este practic aceeași;

— analiză comparativă a morilor trebuie făcută luîndu-se în considerare restul pe sita de 200 microni și restul pe sita de 1 mm, considerarea restului pe sita de 90 microni nefiind necesară;

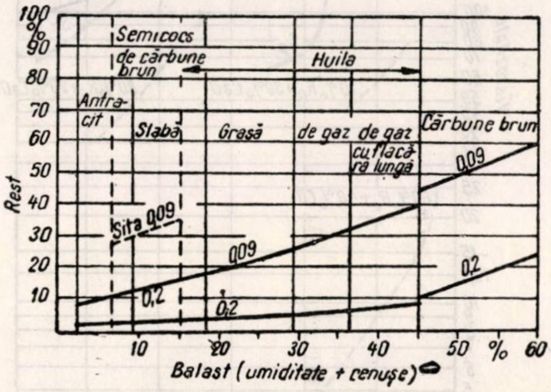


Fig. 5. Finețea la măcinare a prafului de la morile-ventilator funcție de natura combustibilului și conținutul de balast.

— pentru cazanele de mare putere, cele două tipuri de mori autoventilate (*HM* și ventilator) pot fi luate în considerare în aceeași măsură, aceste cazane funcționînd cea mai mare parte din timp la debitul nominal.

2. În comunicarea „Probleme de aerodinamica separatoarelor de praf ale morilor-ventilator", autorul, pornind de la necesitatea măcinării cărbunilor cu multă cenușă, arată că, datorită diferenței de greutate specifică între cenușă și cărbune, în separatorul de praf al morii-ventilator se recirculă în cea mai mare parte cenușa, ceea ce conduce la o uzură exagerată a elementelor de măcinare ale morii. În lucrare se arată rezultatele obținute pentru profilarea corespunzătoare a separatoarelor de praf pe baza cercetărilor efectuate pe un model experimental. Rezultatele aplicate la separatoarele de praf ale morilor-ventilator N — 25 și N — 32 au condus la concluzia că măcinarea are loc practic în prima trecere prin moară și că printr-o profilare adecvată a separatorului pot fi separate și recirculate din curentul gaze — praf doar particulele xilitice din cărbune. Reducerea practică a separatorului de praf la un tub profilat convenabil atrage o creștere a timpului de uzură al paletelor și blindajelor morii de la 400—700 ore pînă la 1 600 — 3 500 ore în condițiile măcinării unui combustibil cu o cenușă de 25,3—53,3 g/10^3kcal. Simplificarea separatorului conduce însă la creșterea nearselor în zgură și la reducerea corespunzătoare a randamentului cu 3%. Echiparea cazanului cu un grătar de arderea particulelor mari la baza focarului remediază complet acest inconvenient.

3. În lucrarea „Cercetări asupra comportării prafului în separatoarele și conductele de praf ale morilor-ventilator", după o scurtă prezentare a cazanului de 22 t/h, echipat cu mori-ventilator, se prezintă dificultățile apărute la funcționarea cazanului în centrala Lübbenau cu cărbune Schlaberndorf. Între dificultățile semnalate se scoate în evidență zgurificarea ecranelor din focar și uzura exagerată a morilor și conductelor de praf. Cercetările întreprinse s-au referit la simplificarea separatorului și reducerea substanțială a cantității recirculate, studiul fluxului aer-praf în fața arzătorului cu fante, studiul repartiției granulometrice în coturile și ramificațiile conductelor de praf. Autorul, pornind de la constatarea că în coturile și ramificațiile conductelor de praf are loc o concentrare a particulelor mari la periferie și a celor mai mici la centru, propune aplicarea unor palete directoare care înlătură acest inconvenient.

Autorul subliniază, de asemenea, necesitatea aplicării unui grătar la baza focarului în cazul simplificării separatorului de praf spre un tub profilat corespunzător.

4. În lucrarea „Cercetări asupra arderii combustibililor cu conținut ridicat de cunușă în centrala Lübbenau, autorul, după o scurtă prezentare a cazanului de 350 t/h echipat cu mori-ventilator N — 63, arată că în condițiile arderii cărbunelui brun cu multă cenușă (cenușa la masa uscată de 24—30%, față de 40—50% la lignitii din R.P.R.) există dificultăți importante în desfășurarea normală a procesului de ardere în stare pulverizată. În lucrare se prezintă în mod special reacțiile care au loc și care favorizează zgurificarea în cazul atmosferei reducătoare; se recomandă ca în spațiul focarului să existe o atmosferă oxidantă. Se arată, de asemenea, că zgurificarea are loc numai atunci cînd combustibilul și particulele de cenușă sînt proiectate pe pereți pentru evitarea cărora este necesară o dirijare corectă a flăcării, o dimensionare adecvată a vitezei aerului și prafului de cărbune și o repartiție corectă aer-praf. De asemenea se dau indicii pentru profilarea corectă a grupului arzător-focar pentru arderea acestor combustibili.

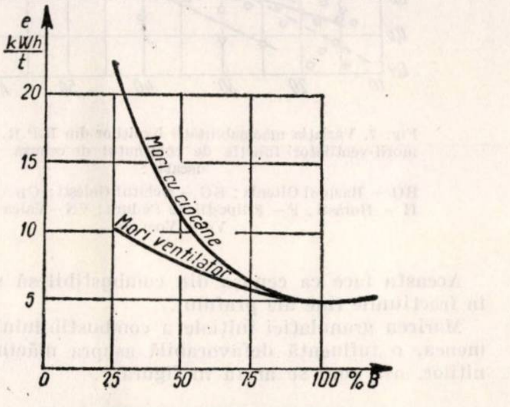


Fig. 6. Variația consumului specific de energie electrică funcție de debitul morii.

5. În lucrarea „Cercetări asupra repartiției CO_2 și a temperaturii în focarul cazanului de 160 t/h cu mori-ventilator", autorul se referă la cercetările efectuate pe un cazan cu arzătoare la colțuri. Arzătoarele de tip nou cu flacără scurtă au dat rezultate satisfăcătoare.

Pentru ridicarea izotermelor la gura arzătorului și în focar s-au folosit pirometre cu absorbție prevăzute cu priză de aspirație a gazelor de ardere. Pentru determinarea repartiției aerului și prafului în arzător s-au efectuat măsurători de viteză în gura arzătorului la rece și la cald.

Rezultatele, în condițiile arderii cu cărbune brun cu o putere calorifică de 2 000—3 330 kcal/kg, sînt în concordanță cu studiile efectuate pentru aerodinamica arzătorului de praf.

6. În lucrarea „Reconstrucția instalațiilor de pregătire a prafului la cazane cu arzătoare frontale și un singur drum de gaze", autorul relatează despre șase cazane cu un debit de 90—100 t/h fiecare, care au fost modificate pentru ridicarea debitului la 120 t/h.

S-au reconstruit instalațiile de ardere, adoptîndu-se cîte trei mori cu ciocane la fiecare cazan. S-au montat la două cazane cîte patru mori cu ciocane, arătîndu-se rezultatele obţinute. Pentru menţinerea corectă a temperaturii de supraîncălzire a aburului se arată modificările aduse arzătoarelor. Rezultate bune s-au obţinut pînă la o fineţe de măcinare de $R_{90} = 70\%$.

7. Din R.P.R. s-a prezentat comunicarea „Asupra măcinării şi arderii în stare pulverizată a ligniţilor din R.P.R.”. După o scurtă prezentare a dezvoltării energetice a R.P.R. se prezintă locul pe care îl ocupă ligniţii în clasa mare a cărbunilor bruni. Se analizează cercetările efectuate în domeniul rezistenţei la măcinare, subliniindu-se rezistenţa ridicată a ligniţilor faţă de a celorlalţi cărbuni.

Se atrage atenţia asupra faptului că, datorită consistenţei slabe a rocilor din culcuş şi coperiş, creşterea conţinutului de cenuşă reduce corespunzător rezistenţa la măcinare, aşa cum se arată în figura 7.

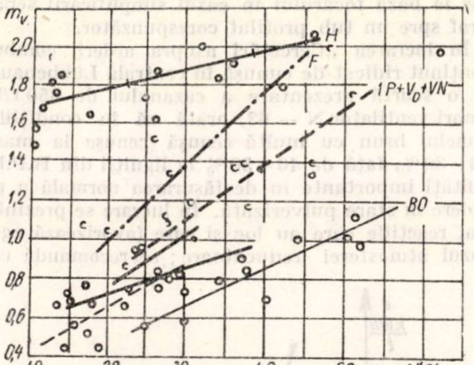


Fig. 7. Variaţia măcinabilităţii ligniţilor din R.P.R. (metoda morii-ventilator) funcţie de conţinutul de cenuşă (la masa uscată):

BO — Bazinul Oltenia; SG — Schitul Goleşti; Cp — Căpeni; H — Horăşti; F — Filipeştii de Pădure; VN — Valea Neagră; Vo — Voevozi.

Aceasta face ca cenuşa din combustibil să se aglomereze în fracţiunile fine ale prafului.

Mărirea granulaţiei iniţiale a combustibilului are, de asemenea, o influenţă defavorabilă asupra măcinabilităţii ligniţilor, aşa cum se arată în figura 8.

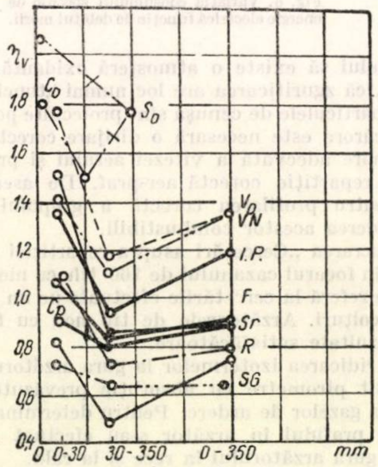


Fig. 8. Variaţia măcinabilităţii cărbunilor (metoda morii-ventilator) funcţie de granulaţia iniţială:

So — Şorecani; Vo — Voevozi; F — Filipeştii de Pădure; Co — Comăneşti; R — Rovinari; SG — Schitu Goleşti.

Se analizează, de asemenea, influenţa umidităţii, materiilor volatile şi puterii calorifice asupra măcinabilităţii ligniţilor comparativ cu a celorlalţi cărbuni.

Pe baza rezultatelor obţinute în domeniul măcinabilităţii ligniţilor, se analizează comparativ rezultatele obţinute pe trei tipuri de scheme de măcinare a ligniţilor:

— moara cu ciocane cu puţ şi ambrazură;
— moara cu ciocane cu separator şi arzătoare;
— moara-ventilator,

arătîndu-se că cele mai bune rezultate au fost obţinute la măcinarea cu ajutorul morii-ventilator. Se prezintă în continuare cazanele echipate cu mori-ventilator proiectate în R.P.R. pentru arderea ligniţilor.

Lucrarea se încheie cu prezentarea rezultatelor cercetărilor în domeniul punctelor caracteristice ale cenuşilor şi în domeniul comportării zgurei în fază lichidă. În acest din urmă domeniu se prezintă în figura 9 dependenţa viscozitate — temperatură pentru ligniţii din R.P.R.

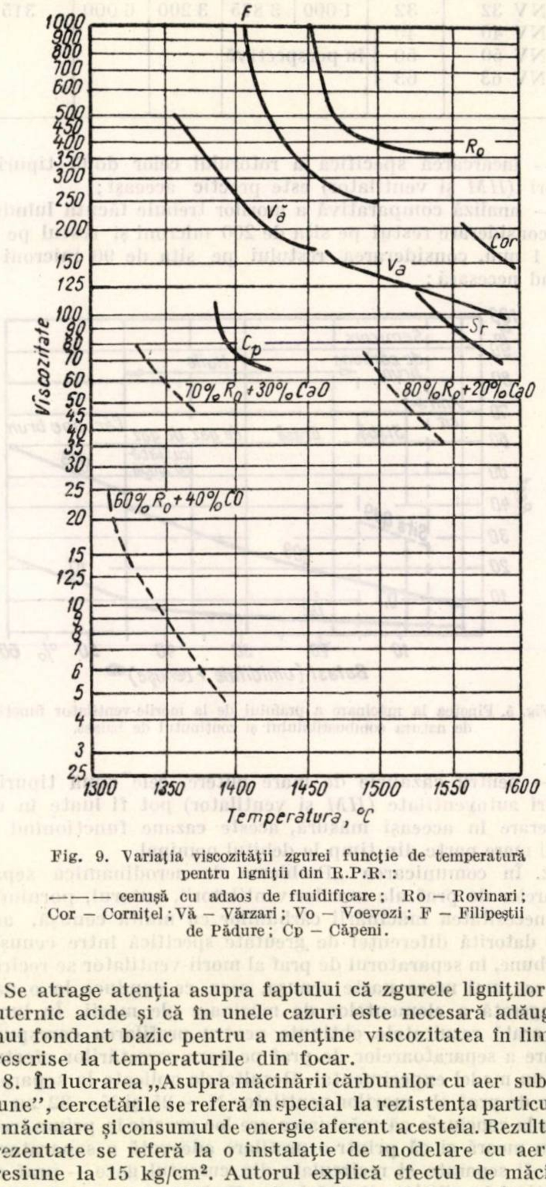


Fig. 9. Variaţia viscozităţii zgurei funcţie de temperatură pentru ligniţii din R.P.R.:

- - - cenuşă cu adaos de fluidificare; Ro — Rovinari; Cor — Cornişel; Vă — Vărzari; Vo — Voevozi; F — Filipeştii de Pădure; Cp — Căpeni.

Se atrage atenţia asupra faptului că zgurele ligniţilor sînt puternic acide şi că în unele cazuri este necesară adăugarea unui fondant bazic pentru a menţine viscozitatea în limitele prescrise la temperaturile din focar.

8. În lucrarea „Asupra măcinării cărbunilor cu aer sub presiune”, cercetările se referă în special la rezistenţa particulelor la măcinare şi consumul de energie aferent acesteia. Rezultatele prezentate se referă la o instalaţie de modelare cu aer sub presiune la 15 kg/cm². Autorul explică efectul de măcinare ca fiind cauzat de diferenţa de presiune dintre presiunea din capilarele cărbunelui şi presiunea mediului de transport. Încercările se referă la huilă fracţiunea 2—4 mm. Rezultatele au demonstrat că consumul de energie electrică necesar măcinării cu aer sub presiune este cu mult mai mare ca la măcinarea mecanică şi nu apare economic decît în cazuri particulare.

9. În lucrarea „Cercetări asupra formării flăcării la combustibili solizi şi gazoşi în cuptoare rotative”, autorul se referă la cercetările efectuate pe o instalaţie semiindustri-

ală pe care a fost studiată arderea prafului de antracit, arderea prafului de cărbune brun și arderea gazelor industriale. Cu această ocazie s-au demonstrat ca optime procentul de 35—45% aer primar și 300—450°C temperatura de preîncălzire a aerului secundar. Viteza optimă a aerului secundar a fost stabilită la 28—40 m/s.

În aceste condiții s-a obținut o temperatură în zona de clincherizare de 1 550—1 650°C, un exces de aer la coș de 1,01—1,17 și un randament al cuptorului de 85—90%. Pentru aceste rezultate a fost necesară menținerea raportului $\frac{C}{H} = 12 - 18$.

10. În lucrarea „Cercetări asupra pulverizării prin rotație", autorul se referă la studiul injectoarelor centrifugale pentru arderea combustibililor lichizi pe baza similitudinii.

Autorul arată că posibilitățile de modelare numai pe baza pulverizării mecanice sînt limitate și că în viitor cercetările trebuie continuate avînd-se în vedere o pulverizare mixtă (mecanică și cu aer).

11. În lucrarea „Întrebuințarea cromatografiei gazelor în problema specială a analizei gazelor de ardere" se analizează principiile cromatografiei analitice a gazelor comparativ cu celelalte metode. Dintre componentele gazelor de ardere N_2, O_2, CO_2, CO, SO_2 și SO_3, numai acesta din urmă nu este adecvat metodei cromatografice de analiză. Din cauza comportării diferite din punct de vedere fizico-chimic a acestor componente este necesar ca analiza să se facă în două aparate: unul pentru N_2, O_2, CO și celălalt pentru CO_2 și SO_2.

Pentru studiul SO_2, autorul propune o metodă originală de separare într-o coloană de 6 mm diametru și 1,60 mm înălțime cu ulei de Silicon pe Sterchomol.

Analiza se efectuează în timp de 4,5 minute cu 20 ml gaz la temperatura de 30°C, folosindu-se ca gaz portant H_2.

12. În lucrarea „Asupra vitezei de ardere a combustibililor solizi în focarele cazanelor cu evacuare lichidă a zgurei" se prezintă rezultatele obținute asupra repartiției combustibilului în focarul unui cazan cu evacuarea lichidă a zgurei. Folosind o sondă specială, care permite măsurarea temperaturii, analiza gazelor de ardere și prelevarea probelor de cărbune, autorul a trasat izotermele, izocompozițiile gazelor și a cercetat stadiul de ardere în care se găsesc particulele în suspensie în focar. Autorul încearcă o analiză a rezultatelor obținute pe baza curbelor de reactivitate a combustibilului funcție de temperatură, natura combustibilului și granulație și, pe baza rezultatelor, face recomandări asupra profilării focarului cu evacuarea lichidă a zgurei.

Se observă în încheiere că în cadrul celui de-al 6-lea colocviu al asociației științifice Brennstofftechnische Gesellschaft au fost dezbătute o multitudine de probleme privind arderea combustibililor inferiori.

Colocviul respectiv a constituit un minunat schimb de experiență al specialiștilor dintr-o serie de țări socialiste în domeniul arderii combustibililor solizi.

Participanții la colocviu au avut ocazia să-și lărgească orizontul rezultatelor obținute și perspectiva cercetărilor viitoare ce trebuie întreprinse în vederea adîncirii cunoștințelor teoretice și tehnice din vastul și relativ puțin exploratul domeniu al arderii combustibililor inferiori.

Stadiul actual și dezvoltarea sistemului energetic englez

Ing. *A. ROTHMAN*

Producția de energie electrică în Anglia a urmărit dezvoltarea ciclică a economiei. Astfel, după o creștere mai rapidă a producției de energie electrică pînă în anul 1955, a urmat o creștere lentă pînă în 1960 și chiar o scădere a producției în 1961.

În 1948 s-a naționalizat în Anglia industria transportului și energiei electrice, înființîndu-se Comisia centrală de electrificare („British Electricity Authority"), care s-a transformat apoi în Întreprinderea centrală de producere a electricității ("Central Electricity Generating Board"). Această întreprindere asigură producerea, transportul și distribuția energiei electrice în Anglia.

Întreprinderea centrală de producere a electricității construiește și exploatează sistemele de 275 și 132 kV, precum și centralele de bază. Centralele mici și rețelele de distribuție cad în sarcina întreprinderilor regionale, în timp ce unele centrale industriale mici sînt proprietatea fabricilor sau societăților care le exploatează.

În 1961, din totalul energiei s-a produs în centralele electrice publice circa 88,2%.

1. Consumul de energie

Producția de energie electrică totală a Angliei a crescut de la 31,82 TWh în 1938 la circa 127,6 TWh în 1961. Se evaluează că în 1965 această producție va fi de 175 TWh, iar în 1975 de 300 TWh (tabela 1).

Sarcina maximă netă a sistemului interconectat din Anglia și Țara Galilor a crescut de la 20 900 MW în 1958 la 23 100 MW în 1959 și a atins 24 450 MW în 1960.

Curba zilnică de consum de putere activă pentru Anglia și Țara Galilor se caracterizează printr-un gol foarte accentuat în timpul nopții (fig. 1).

Acoperirea acestui consum se face aproape exclusiv cu centrale termoelectrice, capacitatea maximă — în putere electrică — a centralelor hidroelectrice fiind în 1961 de 0,23% din total.

Tabela 1

Producția de energie, TWh

Anul	1938	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1965	1975
TWh produse	31,82	89,1	95,77	99,97	107,3	114,63	129,7	127,58*	175**	300**

---

* Sistemul național englez, inclusiv energia livrată sistemului de centrale industriale (care în ansamblu au produs 14,91 TWh).

** Evaluare de perspectivă.

Structura puterii instalate în centralele din Marea Britanie între anii 1954 şi 1957 este arătată în tabela 2.

Puterea totală instalată în centralele sistemului electric a atins în 1960 valoarea de 34 546 MW, din care 33 084 MW în centrale termoelectrice, 1 166 MW în centrale hidroelectrice şi 296 MW în centrale nuclearoelectrice.

Puterea instalată în centrale, MW *Tabela 2*

Anul		1954	1955	1956	1957
Centrale ale sistemului	Termoelectrice	20 316	22 147	24 172	26 151
	Hidroelectrice	690	733	833	911
	Total	21 006	22 880	25 005	26 062
Centrale industriale	Termoelectrice	4 288	4 237	4 240	4 261
	Hidroelectrice	—	107	109	109
	Total	4 288	4 344	4 349	4 370
Toate centralele (ale sistemului + industriale)	Termoelectrice	24 604	26 384	28 412	30 412
	Hidroelectrice	690	840	942	1 020
	Total	25 294	27 224	28 354	31 432

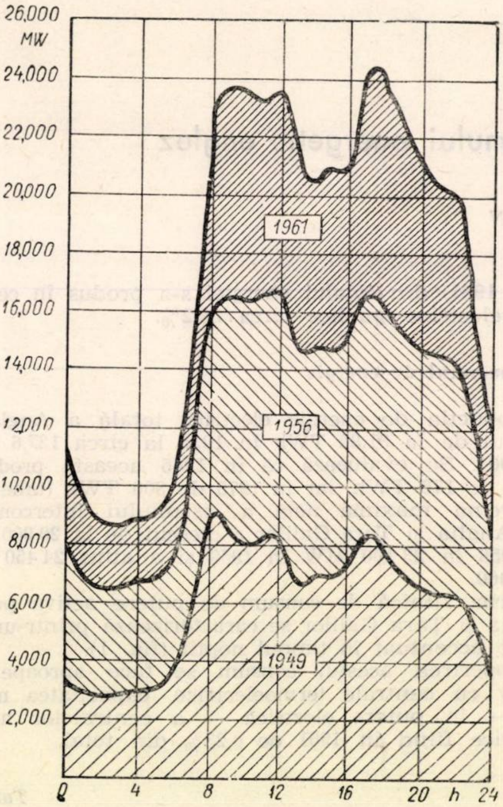


Fig. 1. Curba zilnică caracteristică de consum în perioada de iarnă.

Puterea maximă cerută în Anglia în 1961, de circa 32 000 MW, va creşte la 60 000 MW în 1970 şi 100 000 MW în 1980—1985.

În anul financiar 1960—1961 existau în Anglia şi Ţara Galilor (CGEB) 230 de centrale termoelectrice ale sistemului cu o putere de 27 067 MW, din care 1 668 MW instalaţi în 1960—1961. Era în construcţie a şaptea centrală nuclearoelectrică de 600 MW de la Oldbury (Gloucester). Au fost comandate patru grupuri de 350 MW şi opt grupuri de 500 MW, toate pe un singur arbore, la parametrii de 162 ata, 565/565°C *, precum şi două grupuri de 275 MW cu parametri supracritici (246 ata, 593/565°C), şi două grupuri de 550 MW pe două axe în centrala Thorpe Marsh. Din 1961 pînă în 1965 urmează să se instaleze circa 11 500 MW, din care 5 000 MW în centrale nuclearoelectrice. În tabela 3 se arată previziunile pe perioada 1959—1965 de intrare a primelor unităţi în centralele de bază ale sistemului din Anglia. Se indică, de asemenea, numărul şi puterea grupurilor din centrala respectivă.

Tabela 3

Lista centralelor electrice programate să intre în funcţiune în perioada 1959—1965

Anul	Denumirea, numărul de grupuri şi puterea unitară, MW
	I_A Centrale termoelectrice pe cărbune
1959	Drakelow „B" 4 × 120; Little Barford „B" 2 × 60; Elland 3 × 60; High Marnham 5 × 200; Northfleet 6 × 120; Aberthaw 6 × 100;
1960	Rugeley 5 × 120; Skelton Grange „B" 4 × 120; Staythorpe „B" 2 × 120; Uksmouth „B" 3 × 120;
1961	Padiham „B" 2 × 120; West Thurrock 2 × 200 + + 2 × 300; Willington „B" 2 × 200.
1962	Blyth „B" 2 × 275 + 2 × 350; Richborough 3 × 120
1963 şi 1964	Thorpe Marsh (1963) 2 × 550; Drakelow „C" (1964) 2 × 350 + 2 × 375
1965	Tilbury „B" 2 × 350; West Burton 4 × 500;
	I_B Centrale termoelectrice pe păcură
1959	Belvedere 4 × 60 + 2 × 120
	II Centrale hidroelectrice
1961	Rheidol 49 MW; Ffestiniog (cu pompaj) 4 × 75
	III Centrale nucleoareoelectrice
1961	Berkeley 275; Bradwell 300
1962 şi 1963	Hinkley Point (1962) 500; Trawsfynydd (1963) 500
1964 şi 1965	Dungeness (1964) 500; Sizewell (1965) 500

---

* Temperatura la intrare şi după prima treaptă de încălzire intermediară.

Trebuie menționat că primele grupuri de performanțe mai ridicate au început să fie instalate în 1957. Astfel, în decembrie 1957, în centrala Ferrybridge „B" au fost instalate grupuri de 100 MW, în decembrie 1958 în centrala Blyth — grupuri de 120 MW și unități similare în 1959 în centralele Drakelow și Northfleet. Toate aceste unități au parametrii de 105 ata și 585/535°C. În 1959 a fost instalat în „High Marnham" primul grup de 200 MW.

În tabela 4 se arată grupurile și cazanele instalate în 1961 în centralele de bază ale sistemului.

Tabela 4

Grupuri și cazane instalate în 1961 de CEGB*

Denumirea centralei	Turbogeneratorul	Cazanul
	MW	t/h
Aberthaw	1 ×100	1 × 343
Belvedere (în proiectare)	2 × 120	2 × 390
Ffestiniog** (pompaj)	1 × 75	—
High Marnham	1 × 200	1 × 635
Northfleet	2 × 120	2 × 390
Rheidol** (hidro)	1 × 1 2 × 18	— —
Rugeley**	2 × 120 1 × 120	3 × 390
Skelton-Grange „B"	2 × 120	2 × 390
Staythorpe „B"	2 × 120	2 × 390
Uksmouth „B"	2 × 120	2 × 390

* „Central Electricity Generating Board".
** Centrale noi în care s-au instalat primele grupuri.

Totuși, față de previziunile inițiale, în 1961 a survenit o serie de întîrzieri: la centrala cu pompaj Ffestiniog, spre exemplu, nu a intrat în funcțiune decît un singur grup. De asemenea, centralele nuclearoelectrice Bradwell, de 300 MW, și Berkeley, de 275 MW, deși au devenit critice în octombrie 1961, n-au intrat în 1961 în exploatare normală.

Introducerea unor grupuri cu parametri ridicați a adus o ameliorare a consumului specific de combustibil, care are mare importanță pentru Anglia, ținînd seamă de consumul foarte mare de cărbuni. În 1960—1961, spre exemplu, centralele sistemului energetic au consumat circa 54.10^6t. Randamentul termic mediu realizat în centralele termoelectrice în 1961 este de 27,24%, față de 26,71% în 1960. Personalul specific din centralele engleze este astăzi de circa 1,35 om/MW.

2. Dezvoltarea sistemului energetic

În 1924—1925 existau în Anglia 368 de sisteme locale, dintre care 288 lucrau la 50 Hz și celelalte la frecvențe diferite, între 25 și 100 Hz. Dintr-un număr total de 499 centrale, 200 aveau puteri mai mici de 1 MW și numai 12 centrale depășeau puterea de 50 MW. Cea mai răspîndită treaptă de tensiune era de 6,6 kV. În orașe se utiliza și tensiunea de 35 kV, iar tensiunea de 66 kV constituia treapta cea mai înaltă, care era utilizată pentru transport. Energia electrică era produsă și distribuită de 563 societăți diferite, iar în marile orașe, în special în Londra, exista o suprapunere teritorială a diferitelor rețele.

Înființarea organismului central („Central Electricity Board"), în 1926, reprezintă prima încercare în cadrul economiei capitaliste de a rezolva parțial problema energetică prin etatizare.

Sarcinile și atribuțiile Consiliului central de electrificare erau următoarele [1]:

1. Să regleze mersul (modul de funcționare) al centralelor.
2. Să dezvolte centralele existente și să stabilească noile centrale necesar a fi realizate.
3. Să dezvolte anumite centrale avantajoase și să intervină pentru închiderea centralelor vechi, cu consum specific ridicat de combustibil.
4. Să realizeze interconexiunea centralelor selecționate.
5. Consiliul avea în plus obligația de a alimenta, direct sau indirect, fiecare distribuitor * din rețeaua națională (grid) și, de asemenea, avea posibilitatea de a obliga un distribuitor să preia energia din sistem la un preț care să nu fie superior celui la care producea energia el însuși.

Consiliul central, deși controla producția, nu producea el însuși decît în condiții speciale și, de asemenea, nu distribuia energia la clienți.

În 1930 a fost pus în funcțiune sistemul electric de 132 kV (gridul), care a permis transformarea progresivă a diferitelor rețele locale într-un sistem unitar.

2.1. *Sistemul electric de 132 kV*

Inițial gridul a fost conceput ca un sistem neunitar și care trebuia să fie exploatat sub forma unor rețele independente. Deși exista posibilitatea transferului de energie între diverse zone, acest transfer nu a fost folosit pînă în 1938 decît pe scară redusă și în special în cazuri de avarie.

Experții americani consultați considerau dificilă o funcționare interconectată a unui sistem atît de mare, care reprezenta pe atunci un adevărat colos energetic. Dispecerii sistemului din Londra, nedînd atenție acestor păreri și fără să aibă, de altfel, vreo aprobare oficială, au pus întregul sistem să funcționeze în paralel, și nu s-a întîmplat nimic supărător.

Aceasta a permis ca de la începutul războiului gridul englezesc să fie exploatat interconectat, reprezentînd cel mai mare sistem energetic din lume cu o singură comandă centralizată.

Pentru stațiile sistemului de 132 kV a fost aleasă fie o schemă cu trei întreruptoare (tip H), fie o schemă cu un întreruptor pe linie între cele două transformatoare legate direct.

În acest caz este necesar să se prevadă o protecție de înaltă frecvență sau separatoare de scurtcircuitare. O astfel de stație tip ocupă un spațiu de 100×55 m^2 și este destinată pentru o sarcină de 100 MW, fiind echipată inițial cu două transformatoare de 30 MVA, apoi de 60 MVA și la urmă de 90 MVA.

Transformatoarele gridului sînt tipizate (tabela 5).

Puterea de scurtcircuit este limitată la 750 MVA în rețeaua de 33 kV și 250 MVA în rețeaua de 11 kV.

În 1948, puterea sistemului a atins 11 000 MW, existînd 195 stații principale de alimentare, a căror putere unitară varia între 5 și 300 MW (pentru cele mai mari centrale ale sistemului).

2.2. *Sistemul de 275 kV* (supergridul 1)

În 1950, pe baza hotărîrii Comisiei centrale de electrificare („British Electricity Authority" **), s-a trecut la realizarea unui sistem de 275/300 kV (supergridul).

Liniile de 132 kV aveau în genere conductoare mari (echivalent 258 mm^2 Cu) și sarcini nominale de 120 MVA/circuit.

Deoarece distanțele de transport nu depășesc în genere 200 km, ar fi fost posibil cu o foarte mică diferență de preț ca transportul mărit de putere electrică să fie realizat folosind tot linii de 132 kV. Obiecția principală adusă acestei scheme a fost însă datorată numărului mare de linii de 132 kV, pentru care ar fi fost dificil să se obțină coridoare de trecere.

---

* Prin distribuitori (Electricity Commissionners) se înțeleg societățile particulare care asigurau distribuția energiei electrice.

** În prezent „Central Electricity Generating Board" (C.E.G.B.).

Ținînd seamă și de densitatea mare de sarcină (65 kW/km², față de 11,6 kW/km² în S.U.A.), a apărut indicat să se recurgă la tensiuni care să necesite un număr cît mai redus de linii.

Caracteristicile transformatoarelor din rețeaua de 132 kV *Tabela 5*

Raport transformare	132/11 kV		132/33 kV					132/66 kV		
Putere, MVA	15	30	30	45	60	75	90	45	60	75
Tensiunea de scurtcircuit, %	20	20	10	12,5	12,5	15	17	12,5	12,5	15
Conexiune	stea/stea		stea/triunghi					stea/stea		
Reglaj	+ 10 — 20% în 18 trepte a 1,67%									

S-ar fi putut recurge încă din 1950 la tensiunea de 380/400 kV. Totuși, experiența de exploatare a gridului a arătat că în Anglia trebuie să se acorde o atenție deosebită condițiilor atmosferice și s-a considerat atunci că alegerea tensiunii de 380 kV ar fi condus la dificultăți mari datorită lungimii mari a lanțului de izolatoare. S-a adoptat treapta de 275 kV, ținînd seamă de avantajele economice și de posibilitățile de obținere a echipamentului în maximum cinci ani.

Astăzi, cînd după zece ani de la hotărîrea introducerii tensiunii de 275 kV a apărut necesar să se recurgă la o tensiune superioară, se poate spune că alegerea de la început a tensiunii de 400 kV ar fi fost mai avantajoasă decît 275 kV, cu toate dificultățile tehnice de a realiza atunci un sistem de 400 kV.

Două motive principale au făcut necesară construcția unei suprarețele :

— ca să se poată realiza o interconexiune la scară națională în locul unei interconexiuni cu caracter local ;

— ca să se poată transporta puteri importante din zonele de producție de cărbune situate în nord-est, centru-est și centru, spre zonele industriale și cu o densitate mai mare de populație din nord-vestul și apusul țării.

Supergridul de 275 kV a intrat în exploatare la 15 iulie 1953.

Prima linie de 275 kV, cu caracter experimental, a fost linia Staythorpe Sheffield, care a funcționat mai întîi la 264 kV. Această linie a fost echipată cu simplu circuit cu conductoare jumelate de 2×110 mm² (echivalent cupru). Linia a funcționat inițial cu două autotransformatoare de 120 MVA la cele două extremități.

S-au realizat două tipuri de linii de 275 kV cu două circuite cu conductoare jumelate : o linie de 2×110 mm² și cealaltă de 2×256 mm² (echivalent cupru).

Stațiile de 275 kV realizate au în genere bare duble, simplu sau multiplu secționate, și sînt de tip exterior fără dispozitive speciale contra depunerilor, în special, de sare marină. Pentru aceste motive a apărut necesar ca, ulterior, unele stații — cum ar fi Blyth — să fie închise într-o clădire, iar stațiile de la noile centrale nuclearoelectrice Sizewell și Dungeness se proiectează și se construiesc de tip interior. Transformatoarele, datorită condițiilor de transport, au fost limitate la 180 MVA pentru construcțiile trifazate.

Protecția rețelei de 275 kV este de tipul de înaltă frecvență cu compararea fazei și protecției de supracurent pe toate ramurile de alimentare.

Supergridul a fost conceput sub forma unei rețele, care avea inele simple sau duble, unind între ele centrale mari și stații principale de transformare unde energia se transformă la 132 kV, și în puține cazuri la tensiuni mai mici.

De la naționalizarea industriei transportului și distribuției energiei electrice, intervenită în 1948, gridul de 132 kV și mai apoi supergridul de 275 kV s-au dezvoltat într-un sistem energetic unitar, care permite o exploatare economică a diferitelor centrale. În același timp au apărut multe stații noi agățate, care au ameliorat condițiile de distribuție. Această metodă nu a fost practicată înainte de naționalizare, deoarece, din cauza impozitului care depindea de numărul punctelor de alimentare, societățile nu aveau interes să mărească aceste puncte de alimentare. Mărirea numărului punctelor de alimentare și întărirea celor existente s-au făcut pe baza unei colaborări strînse între organul central (CEGB) și organele regionale ("Area Boards") pentru a se respecta optimul tehnico-economic la nivelul economiei naționale.

Fiecare stație de alimentare a sistemului se caracterizează prin puterea maximă care poate fi asigurată cu toate elementele în funcțiune și prin puterea de avarie. Puterea în caz de avarie se determină considerînd că iese din funcțiune unitatea cea mai mare, iar unitățile rămase sînt supraîncărcate. În planificarea rețelei se consideră puterea de avarie.

În prezent planificarea de perspectivă a rețelei se face pe baza a trei feluri de scheme : scheme definite (elaborate pentru patru ani), scheme provizorii (cinci ani) și scheme preliminare indicative (șase ani).

Toate previziunile care intră în cadrul schemelor definite trec imediat la faza de proiectare și realizare.

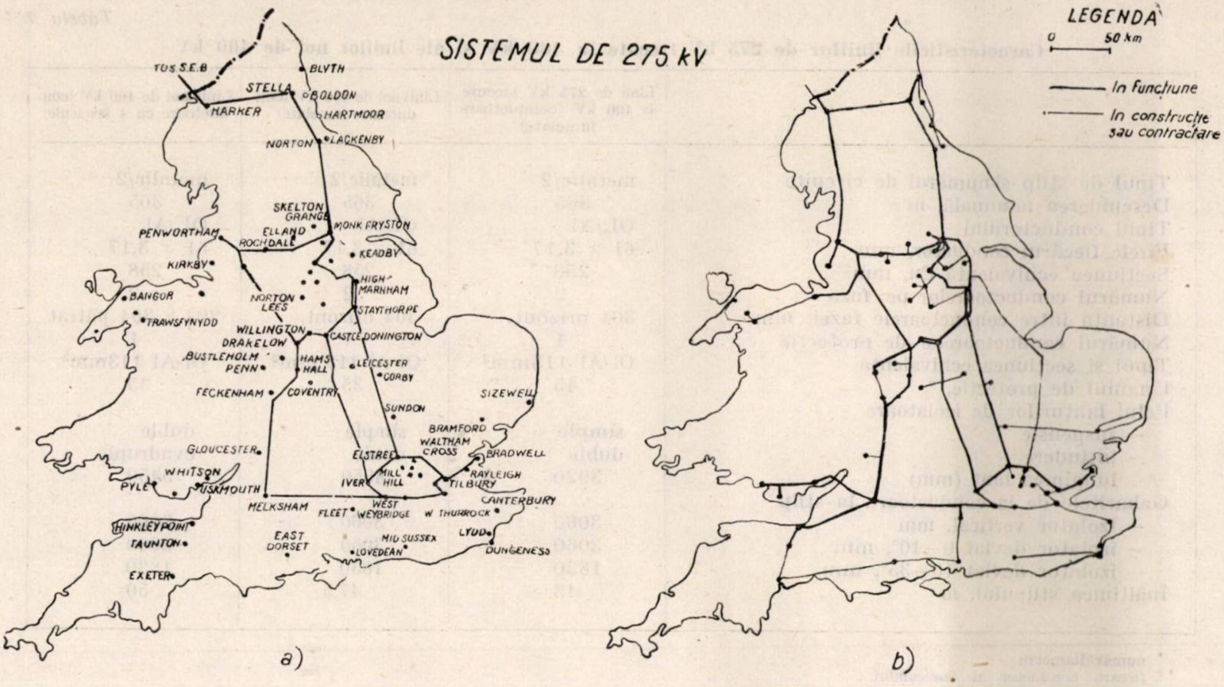
Studiile au arătat că pentru distanțele de transport (100—200 km) din Anglia nu apar avantaje economice prea mari dacă se folosesc tensiuni foarte înalte. Totuși există oarecare avantaje tehnice și în special prezintă importanță faptul că puteri mari se pot transporta la tensiuni foarte înalte cu un număr mai redus de circuite. Aceasta a făcut ca CEGB să adopte, pentru rețeaua fundamentală viitoare a sistemului, nivelul de 400 kV.

În 1960 s-au împlinit 10 ani de cînd s-a decis să se suprapună o rețea de înaltă tensiune de 275 kV peste rețeaua de 132 kV.

Este foarte interesant de comparat valorile avute în vedere în 1950 în previziunile de perspectivă cu valorile efectiv realizate (tabela 6). Se constată, deci, că previziunile făcute în 1950 pentru anul 1960 au fost depășite.

Trebuie, de asemenea, arătat că structura rețelei de 275 kV, așa cum a fost gîndită în 1950, nu diferă prea mult de structura efectiv existentă în 1960.

400 kV. Puterea totală care va fi vehiculată pe arterele magistrale atinge 50 000 MW (circa 70% din total). Deși sistemul de 275 kV poate fi extins pentru a face față din punct de vedere tehnic la transportul unor puteri atît de mari, apar probleme foarte dificile de limitare a puterilor de scurtcircuit.


SISTEMUL DE 275 kV
TUS.S.E.B
BLYTH
STELLA
BOLDON
HARKER
HARTMOOR
NORTON
LACKENBY
SKELTON GRANGE
PENWORTHAM
ELLAND
MONK FRYSTON
ROCHDALE
KEADBY
KIRKBY
HIGH-MARNHAM
BANGOR
NORTON LEES
STAYTHORPE
TRAWSFYNYDD
WILLINGTON
DRAKELOW
CASTLE DONINGTON
BUSTLEHOLM
PENN
HAMS HALL
LEICESTER
CORBY
FECKENHAM
COVENTRY
SIZEWELL
SUNDON
BRAMFORD
GLOUCESTER
WALTHAM CROSS
ELSTREE
BRADWELL
WHITSON
MILL HILL
RAYLEIGH
PYLE
USKMOUTH
IVER
TILBURY
MELKSHAM
WEST WEYBRIDGE
CANTERBURY
FLEET
W THURROCK
HINKLEY POINT
TAUNTON
EAST DORSET
MID SUSSEX
LYDD
LOVEDEAN
DUNGENESS
EXETER
LEGENDA
0
50 km
In funcțiune
In construcție sau contractare

a) b)

Fig. 2. Schema sistemului de 275 kV pentru anul 1960, așa cum a fost preconizată în 1950 *(a)* și așa cum arată efectiv în 1960 *(b)*.

Tabela 6

Caracteristici	Previziunile făcute în 1950 pentru anul 1960	Realizat în decembrie 1960
Sarcina, MW	20 770	24 449
Liniile de 275 kV, km	1 600	2 360
Numărul de stații	21	31
Numărul de întreruptoare	116	180
Numărul de transformatoare	60	88
Capacitatea totală, MVA	11 880	11 160

2.3. *Sistemul de 400 kV* (supergridul 2)

Sistemul de 275 kV a fost construit pentru o sarcină totală de 30 000 MW, care trebuia să fie atinsă în anii 1965—1975. Consumul a crescut atît de rapid, încît acest nivel de consumație va fi atins, probabil, în iarna 1962—1963.

S-a studiat, de aceea, un nivel nou de consumație, de 70 000 MW și s-a preconizat o treaptă superioară de tensiune (400 kV).

După 1964 se are în vedere instalarea a 67 000 MW, din care 28 000 MW în centrale nuclearoelectrice. Dacă la aceasta se adaugă cei 27 000 MW care vor mai fi în serviciu, în 1978 se obține o valoare de 94 000 MW. Necesitățile de transport și interconexiune indică puteri de transportat de 2 000—4 000 MW și în unele cazuri și 8 000 MW la distanțe între 100 și 200 km.

Studiile au arătat că puteri de 1 000 MW pot fi transportate la distanțe de circa 170 km cu același preț atît la tensiunea de 275 kV cît și la cea de 400 kV.

Ținînd seamă de avantajele economice și de capacitatea mare de transport a sistemului de 400 kV, s-a considerat util ca să se rețină această treaptă de tensiune și să se dezvolte o rețea magistrală de linii de 400 kV. Parte din aceste linii vor fi obținute prin trecerea de la tensiunea de 275 kV (tabela 7).

A fost considerată și tensiunea de 500 kV, dar soluția respectivă a fost eliminată.

Pentru linii funcționînd la o tensiune mai mare de 165 kV, distanța minimă la pămînt trebuie să fie de 7 m la temperatura exterioară de 50°C. La solicitarea maximă dată de un vînt cu o viteză de 80 km/h și o sarcină de chiciură cu o grosime radială de 9,5 mm și o temperatură de —5,55°C, coeficientul de siguranță trebuie să fie 2. Deschiderea normală între stîlpi, determinată pe baze economice, este de 365 m.

Sistemul de 275 kV a fost echipat la începutul lui, în 1950, cu întreruptoare cu o putere de rupere de 7 500 MVA, la care se considera că se va putea mări puterea de rupere pînă la 10 000 MVA. Experiența a arătat ulterior că sînt necesare întreruptoare cu o putere de rupere de 15 000 MVA. Pentru sistemul de 400 kV, deși calculele arată ca necesar aparataj de 25 000 MVA, a fost ales aparataj seria 35 000 MVA.

Timpul total de întrerupere a fost ales de 0,14 s. Nu se are în vedere utilizarea unei protecții de rezervă dependentă de timp pentru a nu mări în nici un caz timpul total de declanșare. Fiecare arteră va fi prevăzută cu două tipuri diferite de protecție de bază. (Inaltă frecvență, compararea fazei sau direcțională și de distanță cu accelerare pentru zona a doua).

Va fi utilizată reanclanșarea trifazată rapidă pentru defecte monofazate și reanclanșarea trifazată lentă pentru scurtcircuite bi- și trifazate. Reanclanșarea monofazată a fost luată în considerare, însă a fost eliminată din cauza complicațiilor sale.

Stațiile de 400 kV vor fi construite după o schemă compactă, care permite funcționarea cu bară simplă, cu bare duble și inel deschis. Întreruptoarele vor fi cu aer comprimat și vor avea un număr de zece pînă la douăsprezece întreruperi pe fază.

Tabela 7

Caracteristicile liniilor de 275 kV trecute la 400 kV și ale liniilor noi de 400 kV

	Linii de 275 kV trecute la 400 kV (conductoare jumelate)	Linii noi de 400 kV (conductoare jumelate)	Linii noi de 400 kV (conductoare cu 4 fascicule)
Tipul de stîlp și numărul de circuite	metalic/2	metalic/2	metalic/2
Deschiderea nominală, m	365	365	365
Tipul conductorului	OL/Al	OL/Al	OL/Al
Firele fiecărui conductor, mm	61 × 3,17*	61 × 3,17	61 × 3,17
Secțiunea echivalentă Cu, mm^2	258**	258	258
Numărul conductoarelor pe fază	2	2	2
Distanța între conductoarele fazei, mm	304 orizont.	304 orizont.	304 × 304 pătrat
Numărul conductoarelor de protecție	1	1	1
Tipul și secțiunea echivalentă	Ol-Al 113mm^2	Ol-Al 113 mm^2	Ol-Al 113mm^2
Unghiul de protecție, °	45	35	35
Felul lanțurilor de izolatoare			
– suspensie	simple	simple	duble
– întindere	duble	duble	cvadruple
– lungimea lanț (mm)	3920	4550	5450
Gabaritele de la conductoare la stîlp			
– izolator vertical, mm	3060	3060	3060
– izolator deviat 0–10°, mm	3060	3060	3060
– izolator deviat 10–35°, mm	1830	1830	1830
Înălțimea stîlpului, m	43	47,5	50

* număr/diametru.
** fiecare conductor al fasciculului.

Sistemul de 400 kV va fi legat atît cu sistemul de 275 kV cît și direct cu sistemele de 132 și 66 kV. Puterea tip a autotransformatoarelor 400/275 kV va fi de 500 și 750 MVA, a celor de 400/132 kV — de 240 MVA, iar a transformatoarelor de 400/66 kV — de 180 MVA. Comutatoare de tensiune manevrabile sub sarcină nu se prevăd decît pentru unitățile care transformă la tensiunea de 132 și 66 kV.

Standardele britanice prevăd un domeniu de variație a tensiunii de ± 10% față de ± 5% în S.U.A. Acest domeniu se acoperă printr-un reglaj de ± 10% pe transformatoare. La transformatoarele mari ale sistemului, domeniul de reglaj este de 30% (+ 10 și —20%). S-a găsit necesar să se producă și energie reactivă pentru reglaj. Autotransformatoarele de 400/132 kV și 240 MVA vor fi prevăzute cu terțiar de 13 kV, la care se vor putea lega compensatoare sincrone de 60 MVAr.

Prima stație de 400 kV va fi construită la centrala West Burton, echipată cu patru generatoare de cîte 500 MW.

În cursul anului 1962 va începe trecerea la 400 kV a unor linii de 275 kV. Pentru o examinare experimentală a funcționării la 400 kV, unul dintre cele două circuite ale liniei High Marnham-Fryston va fi trecut la 400 kV prin instalarea a două autotransformatoare de 400/275 kV de cîte 400 MVA la fiecare capăt. Operația va fi efectuată în acest an și va crea premisele pentru ca în 1966 să funcționeze un sistem de 400 kV.

Bibliografie

[1] Fennell, W. Distribution de l'énergie électrique en Angleterre. C.I.G.R.E., 1929, vol. 3, rap. 57.

[2] *Future of Electricity in Britain.* În : The Engineer, *211* (1961), nr. 5499, p. 983—984.

[3] Bolton, J. *Europe and the U.K. Electricity Supply Comparisons : Basis of Load Forecasts.* În : Electrical Review, *168* (1961), (mai), p. 884—886.

[4] *Electricity Output in 1961.* În : Electrical Review, *170* (1962), nr. 5 (febr.), p. 201.

[5] Egginton, I. L. *Development of the 275 kV Grid.* În : Electrical Review, *168* (1961), nr. 23 (iunie), p. 1009—1011.

[6] Booth, E. S., Clark, D., Egginton, S. L. și Forrest, I. S. *Power System Development.* În : Electrical Review, *170* (1962), nr. 12 (martie), p. 495—498 și El. Times, *141* (1962), nr. 12 (martie), p. 462—464.

[7] Lane, F. I. *High Voltage Power Transmission.* În : Electrical Review, *170* (1962), nr. 2 (ianuarie), p. 48—53.

N. K. GROMOV: **Termoficarea oraşului Moscova.** Gosenergoizdat, Moscova, 1962, 168 p., 55 tabele, 39 fig.

Cartea candidatului în ştiinţe tehnice N. K. Gromov „Termoficarea oraşului Moscova", tipărită recent de Gosenergoizdat, tratează principiile de dezvoltare a termoficării oraşului Moscova, scara la care s-a extins acest înaintat procedeu energetic de producere combinată a căldurii şi energiei electrice, indicii tehnici şi economici care au fost realizaţi în cel mai mare oraş termoficat din lume. Urmărind atingerea scopurilor de mai sus, cartea lui N. K. Gromov face o analiză temeinică a rezultatelor concrete ale termoficării oraşului Moscova, abordînd în acelaşi timp şi o gamă foarte largă de probleme teoretice pe care le-a avut de rezolvat termoficarea acestui oraş, sau care vor apărea cu ocazia dezvoltării în continuare a alimentării cu căldură de la CET. Cartea „Termoficarea oraşului Moscova" cuprinde o introducere şi şapte capitole.

În partea introductivă sînt descrise etapele de dezvoltare a termoficării oraşului Moscova de la apariţia primelor turbine cu contrapresiune, în 1910, şi pînă în 1960.

În capitolul I se analizează sarcinile termice ale oraşului Moscova atît pentru reţelele de apă fierbinte cît şi pentru cele de abur. Se arată că precizarea valorilor de consum de căldură pe baza măsurătorilor, care se efectuează în mod constant în cel puţin 10% din numărul de consumatori racordaţi la reţea, are importanţă în primul rînd pentru asigurarea alimentării cu căldură în cele mai bune condiţii şi în special pentru a se studia dinamica consumului de apă caldă pentru scopuri menajere şi igienico-sanitare. Pe baza analizei unui număr de 72 consumatori (clădiri) s-a constatat că în luna ianuarie 1960 consumul mediu lunar de apă caldă din reţeaua termică a fost de 100 l/om zi. În ultimul timp se observă o creştere substanţială a cotei de apă caldă pentru scopuri menajere. Astfel, dacă în 1945 cota de căldură pentru apă caldă menajeră a fost de 3—4% din cantitatea totală de căldură pentru scopuri urbane, la 1 ianuarie 1960 cifra respectivă a crescut la 12% pentru Moscova. Cota de căldură pentru apă caldă a consumatorilor racordaţi în 1959 a fost de 23%. Aceste cifre confirmă valabilitatea soluţiei cu boilere pentru grupe de consumatori, care în Moscova şi-a găsit o largă aplicare. Se apreciază că singura piedică pentru introducerea pe o scară şi mai largă a apei calde pentru scopuri menajere este lipsa de sisteme sanitare interioare. Practica a arătat că este economic şi comod de a se introduce alimentarea cu apă caldă pentru scopuri menajere din sistemul de termoficare şi acolo unde sînt introduse gaze naturale.

În ce priveşte perioada sezonului de încălzire, N. K. Gromov este de părere, pe baza experienţei sistemului de termoficare din Moscova, că este necesar să se ridice temperatura de începere şi întrerupere a perioadei de încălzire peste 10°C.

Este interesant de reţinut, în ce priveşte dimensionarea instalaţiilor de termoficare, că în Moscova, în perioadele foarte friguroase (cînd sarcina termică totală creşte peste 85%), CET funcţionează fără rezervă pe partea de căldură.

La capitolul II se analizează echipamentul celor nouă CET existente în Moscova, precum şi indicii lor tehnico-economici. Aceste CET, echipate cu cele mai diferite turbine cu abur, multe dintre ele funcţionînd la parametri medii şi chiar reduşi, datorită principiului termoficării, produc energie electrică cu un consum mediu anual de combustibil pe Moscova de 316,8 g/kWh, faţă de 404,4 g/kWh cît au realizat toate centralele electrice din sistemul Mosenergo, cu excepţia celor de termoficare.

În 1958, un kWh produs de CET din Moscova a avut un preţ de cost de 0,74 copeici, iar o Gcal — de 3,25 ruble.

Caracteristicile tehnice şi indicii economici ai reţelelor şi punctelor termice sînt analizate în capitolul III. La 1 ianuarie 1960, lungimea reţelelor termice din oraşul Moscova de la CET la punctele termice a fost de 572 km, din care circa 23 km trasee pentru abur. Din această lungime, 34% revine traseelor magistrale cu diametrul de 300—1000 mm, 38% ramificaţiilor şi 28% distribuţiilor.

Raza maximă de transport a agentului termic este de 7,4 km pentru apă fierbinte şi 3,2 km pentru abur, ultimul avînd o presiune iniţială de 18 ata. În 1959 a fost dată în exploatare o conductă de abur cu diametrul de 600 mm.

Pentru folosirea la maximum a reţelelor de termoficare, autorul arată că este necesar să se treacă mai hotărît la termoficarea totală a raioanelor de deservire. În medie 1 km de traseu are circa 6—7 cămine de vizitare. În scopul reducerii costului reţelelor termice este necesar să se reducă numărul acestora.

În general CET din Moscova funcţionează separat, cu excepţia centralelor nr. 1 şi 2, care de cinci ani funcţionează în paralel, avînd un singur dispecer la centrala nr. 1. Cu toate acestea reţelele sînt conectate între ele prin conducte de legătură, care permit funcţionarea în paralel în caz de necesitate.

Sub aspect constructiv reţelele termice din oraşul Moscova sînt realizate astfel: 15% — în canale vizitabile, semivizitabile, aeriene şi amplasate în subsoluri, 50% — în canale nevizitabile cu izolaţie prin înfăşurare; 35% — în canale nevizitabile îngropate. În continuare sînt descrise materialele termoizolante, precum şi metodele de izolare. Se constată că predomină folosirea vatei minerale, după care urmează diferite metode industriale sau semiindustriale de izolare. Cel mai eficient material anticorosiv este considerat borulinul după izol — care are o mai mare rezistenţă şi elasticitate, însă nu i se cunosc bine calităţile de rezistenţă la temperatură. Cea mai bună conservare a pereţilor ţevilor s-a dovedit a o da izolaţia prin înfăşurare.

Conductele folosite pentru reţelele termice, de regulă, sînt sudate. De cinci ani se experimentează o conductă pentru condensat cu diametrul de 100 mm, din sticlă. Rezultatele de exploatare sînt excelente în comparaţie cu o conductă din azbociment, care nu a dat rezultate bune.

Referitor la încercarea conductelor înainte de a fi date în exploatare, autorul opinează pentru folosirea aburului în loc de metoda pneumatică la 6 ata.

Atenţie deosebită se acordă în această carte problemei coroziunii exterioare şi interioare a ţevilor, metodelor de detectare a locurilor cu coroziune intensă, precum şi metodelor de prevenire a coroziunii. Cea mai eficace metodă de prevenire a avariilor datorită coroziunii este încercarea hidraulică la 16 ata după încetarea sezonului de încălzire şi la 150°C la începerea perioadei de încălzire.

Deşi relieful oraşului Moscova nu se caracterizează prin denivelări însemnate, totuşi sistemul de reţele termice este dotat cu cinci staţii intermediare de pompare, dintre care două funcţionează pe conducte de apă fierbinte. În carte se descriu aceste staţii şi se dau aprecieri asupra funcţionării lor.

Ponderea sistemelor de racordare a consumatorilor de căldură din Moscova revine elevatoarelor, care reprezintă 55% din sarcina termică; 13% revine sistemelor cu pompe de amestec, 18,5% sistemelor cu schimbătoare de căldură şi 13,5% altor sisteme, inclusiv de ventilaţie. Se arată condiţiile şi factorii care dictează folosirea unui sistem sau a altuia şi se descriu echipamentele cu care sînt înzestrate punctele termice.

Este interesantă analiza problemei racordării la rețeaua de termoficare a sistemelor locale de încălzire existente, care sînt concepute să funcționeze cu un debit mare de apă fierbinte, circulată cu ajutorul pompelor. Consumînd o cantitate suplimentară de energie, aceste pompe asigură o încălzire uniformă tuturor radiatoarelor din clădire. În aceste cazuri, și îndeosebi cînd se are în vedere un consumator însemnat, este bine ca racordarea să se facă cu ajutorul pompelor de amestec. Pentru aceasta se recomandă pompele ȚNIIPS, care funcționează fără zgomot, nu necesită fundații speciale, pot fi instalate direct pe conductă și nu necesită rezervă (funcția de rezervă o îndeplinește elevatorul, instalat ca în schema obișnuită de racordare cu elevator). În ce privește racordarea sistemelor de apă caldă pentru scopuri menajere, se aplică cîteva scheme, dintre care ponderea revine schemei cu două boilere în serie. Indiferent de sistemul de racordare, toate instalațiile de alimentare cu apă caldă sînt prevăzute în mod obligatoriu cu regulatoare de temperatură, care mențin o temperatură constantă a apei în limita a ± 5—6°C.

În acest capitol sînt descrise pe larg sistemele și echipamentele destinate reglării livrării de căldură atît pentru încălzire cît și pentru apă caldă pentru scopuri menajere și igienico-sanitare. Meritul deosebit al acestui capitol este acela că a reușit să cuprindă cele mai importante probleme care apar cu ocazia racordării la termoficare atît a noilor cvartale de locuințe cît și a clădirilor existente.

Problemele legate de regimul de funcționare a rețelelor termice sînt expuse în capitolul IV. Se arată importanța graficelor de temperatură pentru diferite grupe de consumatori, dîndu-se în același timp aprecieri asupra experienței exploatării sistemelor de termoficare din Moscova. Printre altele se arată, de exemplu, că temperatura interioară de calcul în locuințe trebuie ridicată de la +18°C la +20°C. Se trece apoi la sublinierea realizărilor sistemului de termoficare din Moscova în ce privește reglarea livrării de căldură direct la consumator prin introducerea masivă de regulatoare.

Deși se bazează doar pe practica de un an a regimului de livrare a căldurii de la CET nr. 20, autorul ajunge la concluzia că pentru exploatare prezintă interes deosebit, dînd rezultate economice importante, sistemul de încălzire a apei de rețea în două sau mai multe trepte. Aceasta duce la reducerea cantității de energie electrică pentru transportul agentului termic, asigurîndu-se în același timp o creștere a capacității de transport a rețelei termice.

În continuare, autorul analizează problemele legate de regimul hidraulic al rețelelor termice, precum și cu privire la apa de adaos în rețea, respectiv cauzele care duc la creșterea durității apei de rețea și măsurile practice ce trebuie întreprinse pentru înlăturarea pericolului depunerii pietrei pe conducte și în special în schimbătoarele de căldură pentru apă caldă. Se arată măsurile de preîntîmpinare a coroziunii instalațiilor de termoficare.

În capitolul V se tratează probleme de exploatare a rețelelor și punctelor termice. Se arată modul de organizare a exploatării magistralelor și rețelelor de racord care aparțin organizației Mosenergo și a celor de distribuție și a punctelor termice care sînt deservite de organizații ale gospodăriei comunale. Numărul de personal ce revine la 1 km de traseu, respectiv la 1 Gcal/h, este de 0,5—0,8, respectiv 0,13—0,14. Autorul exprimă părerea că ar fi bine, sub aspectul îmbunătățirii calității exploatării și al repartizării mai raționale a cadrelor de specialiști, ca întreaga exploatare să fie centralizată.

Întreaga rețea de termoficare din Moscova este împărțită în șase raioane de exploatare. Este interesant faptul că aceste șase raioane sînt organizate ca mici întreprinderi, prevăzute cu ateliere în clădiri special amenajate, mijloace de transport pentru personalul de tură și pentru echipele de revizie. Se dau norme de exploatare și de revizie a rețelelor termice și caracteristicile instalațiilor de reparații, ca : pompe de evacuare a apei, ventilatoare, standuri de probă pentru diverse aparate etc.

Autorul acordă mare atenție problemelor economice ale alimentării cu căldură a orașului Moscova, care sînt tratate în capitolul VI. Se face o analiză temeinică a costului transportului căldurii. Se arată că în 1959 circa 60% din prețul de cost al transportului a revenit amortizării, circa 33% — exploatării și 7% — apei de adaos, respectiv au revenit; 0,117 ruble/Gcal — amortizare, 0,066 ruble/Gcal — exploatare și 0,014 ruble/Gcal — apa de adaos. Prețul de cost al transportului unei Gcal medii în 1959 pentru orașul Moscova a fost de 37,7 copeici, ceea ce reprezintă 12% din costul căldurii livrate de CET.

Analizîndu-se economia de combustibil obținută prin termoficarea orașului Moscova în 1959, se precizează că aceasta a atins valoarea de peste 1 200 000 t c.c, considerîndu-se un randament mediu anual al centralelor termice de 60%. În acest an, 60% din căldura livrată a fost destinată consumatorilor urbani și 40% celor industriali. Se arată că numai cu ceva mai mult de jumătate din economia de combustibil obținută se datorește producerii combinate de energie electrică și căldură, lucru care trezește îndoială în aprecierea randamentului cazanelor CT.

În ultimul capitol, autorul descrie căile de reconstrucție a sistemului de termoficare din Moscova în perioada pînă în 1965. Aspectele mai importante, cărora li se dă atenție în acest capitol, sînt : cuprinderea masivă a consumatorilor de căldură existenți în condițiile cuprinderii întregului fond nou de construcții, lucru care va conduce la creșterea cantității de căldură livrată, la circa 9000 Gcal/h; dezvoltarea CET prin instalarea de grupuri de cel puțin 50 MW și cazane de 420 t/h la parametrii de 130 ata și 565°C, spre sfîrșitul acestui septenal instalîndu-se turbine de 200 și 250 MW ; instalarea masivă de cazane de vîrf de 100 Gcal/h, care în prima perioadă vor funcționa ca centrale termice de cvartal; construirea de noi CET de 300—400 MW ; introducerea tehnicii noi în construcția rețelelor termice ; renunțarea temporară la funcționarea în paralel a CET și la legătura CET între ele cu ajutorul unor mari conducte etc.

În ultima parte a capitolului VII, autorul completează cartea cu ultimele realizări ale termoficatorilor Moscovei obținute în anii 1960 și 1961.

Lucrarea candidatului în științe tehnice N. K. Gromov prezintă interes deosebit pentru termoficatori în general și în mod deosebit pentru proiectanții rețelelor termice. Bogatul material cifric, pe baza căruia autorul deduce toți indicii tehnici și economici necesari în proiectarea sistemelor de termoficare, constituie o prețioasă verificare asupra cifrelor folosite curent în practică. Este interesant de remarcat faptul că datele recomandate de specialiștii sovietici în literatura de specialitate sînt confirmate cu multă precizie de exploatarea de zeci de ani a termoficării orașului Moscova. Pentru proiectanți prezintă interes, de asemenea, și propunerile autorului menite să ducă la îmbunătățirea indicilor tehnici și economici ai termoficării.

Deși lucrarea nu cuprinde decît problemele termoficării unui oraș, însă pentru faptul că acesta este cel mai mare centru termoficat din lume, cu o veche tradiție, care pe drept cuvînt justifică titlul de laborator al termoficării, cartea „Termoficarea orașului Moscova“ este de un real folos termoficatorilor din țara noastră.

Ing. Gh. Colț

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

СОДЕРЖАНИЕ

DK 620.9.061 (100) WPC 1962

Groza, O. и *Mihăileanu, C.:* **Работы VI.й пленарной сессии Всемирной Энергетической Конференции**

Energetica *11* (1963) № 5, стр. 193–224

DK 620. 97.061 (100) Roma 1961

Bernfeld, D.: **Значение неклассических энергетических ресурсов в свете работ I-й Конференции по использованию новых источников энергии, состоявшейся в Риме**

Energetica, *11* (1963) № 5, стр. 225–229

DK 662.61.061 Dresda 1962

Pănoiu, N. и *Carabogdan, I.:* **Аспекты с VI-го коллоквиума научной организаци „Brenstofftechnische Gesellschaft in der D.D.R.“, состоявшейся в Дрездене (ноября 1962 г.)**

Energetica *11* (1963) № 5, стр. 229–233

DK 621.311.1 (42)

Rothman, A.: **Нынешнее положение и развитие Английской Энергетической системы**

Energetica 11 (1963) № 5, стр. 233–238

РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 620.9.061 (100) WPC 1962

Groza, O. und *Mihăileanu, C.* : **Die Arbeiten der 6. Volltagung der Welkraftkonferenz**

Energetica *11* (1963) H. 5, S. 193–224

DK 620.97.061 (100) Roma 1961

Bernfeld, D. : **Die Bedeutung der neuen Energieformen im Lichte der ersten Rom-Tagung über die Verwendung der neuartigen Energiequellen**

Energetica, *11* (1963) H. 5, S. 225–229

DK 662.61.061 Dresda 1962

Pănoiu, N. und *Carabogdan, I.* : **Bericht über das 6. Kolloquium der Brennstofftechnische Gesellschaft Dresden 1962**

Energetica, *11* (1963) H. 5, S. 229–233

DK 621.311.1 (42)

Rothman, A. : **Gegenwärtiger Stand und Entwicklungstendenzen der Elektrizitätswirtschaft Englands**

Energetica 11 (1962) H. 5, S. 233–238

REZENSIONEN

SOMMAIRE

CD 620.9.061 (100) WPC 1962

Groza, O. et *Mihăileanu, C.* : **Les travaux de la 6-ème session plénière de la Conférence Mondiale de l'Energie**

Energetica, *11* (1963) no. 5, p. 193–224

CD 620.97.061 (100) Roma 1961

Bernfeld, D. : **L'importance des resources énergetiques non-classiques, face à la Première Conférence sur l'utilisation des nouvelles sources d'énergie, Rome**

Energetica, *11* (1963) no. 5, p. 225–229

CD 662.51.061 Dresda 1962

Pănoiu, N. et *Carabogdan, I.* : **Aspects du 6-ème colloque de l'Organisation Scientifique „Brennstofftechnische Gesellschaft" Dresde, R.D.A. (novembre 1962)**

Energetica, *11* (1963) no. 5, p. 229–233

CD 621.311.1 (42)

Rothman, A. : **La situation actuelle et l'évolution du système énergétique anglais**

Energetica, *11* (1963) no. 5, p. 233–238

COMPTE-RENDUS

CONTENTS

DC 620.9.061 (100) WPC 1962

Groza, O. and *Mihăileanu, C.* : **The Works of the 6th Plenary Session of the World Power Conference**

Energetica, *11* (1963 no. 5, p. 193–224

DC 620.97.061 (100) Roma 1961

Bernfeld, D. : **The importance of non-classical energy resources as following from the proceedings of the first Conference on the use of new sources of energy, held in Rome**

Energetica, *11* (1963) no. 5, p. 225–229

DC 662.61.061 Dresda 1962

Pănoiu, N. and *Carabogdan, I.* : **Aspects from the 6th Colloquium of the Scientific Organization „Brenstofftechnische Gesellschaft" Dresden, German Democratic Republic (November 1962)**

Energetica, *11* (1963) no. 5, p. 229–233

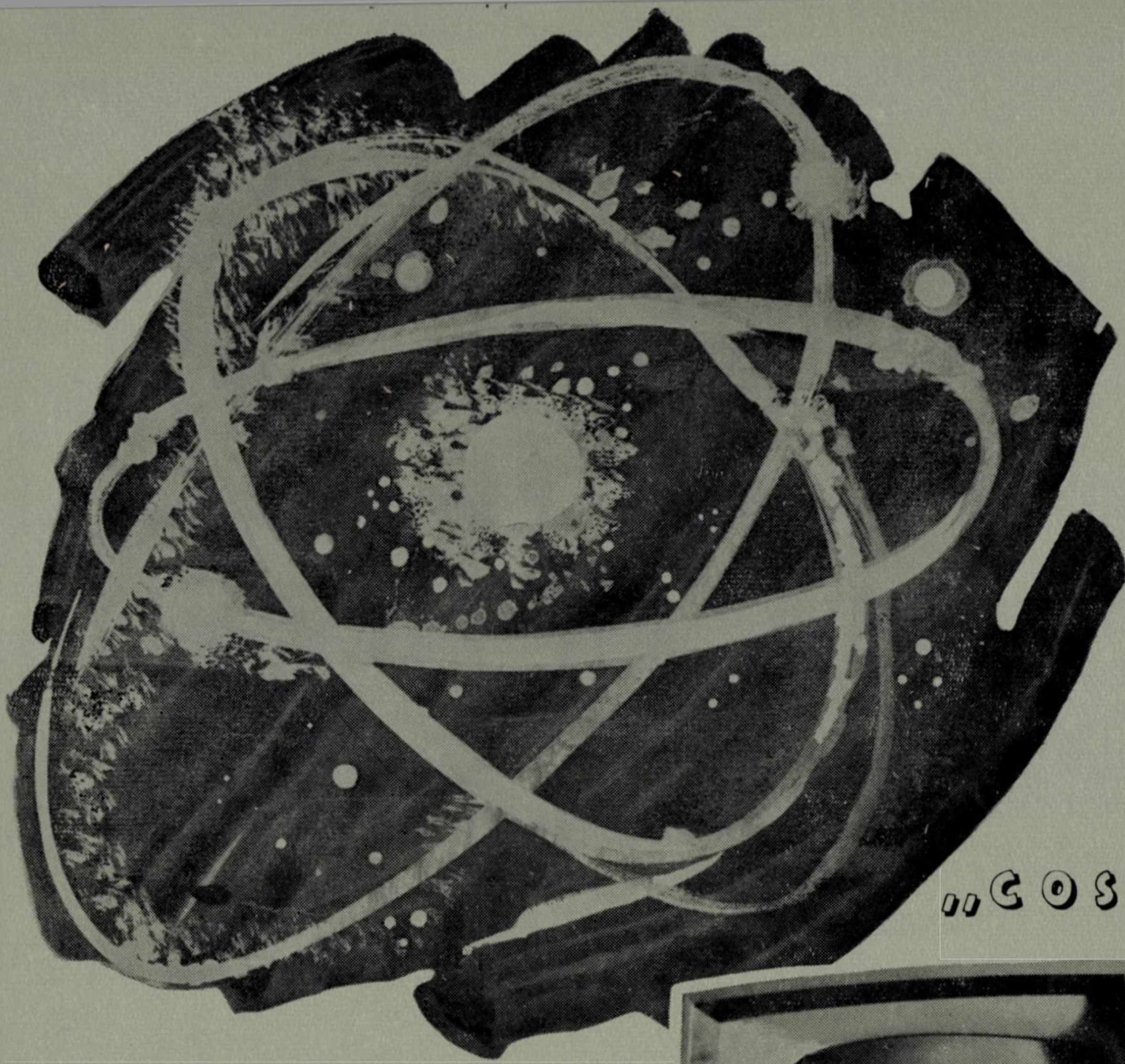
DC 621.311.1. (42)

Rothman, A. : **Present trends of the British Electric Power System**

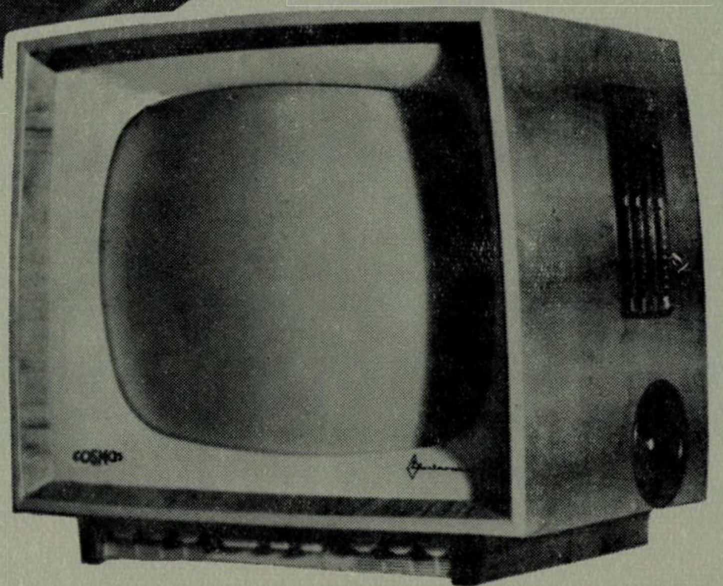
Energetica, *11* (1963) no. 5, p. 233–238

REVIEWS

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883



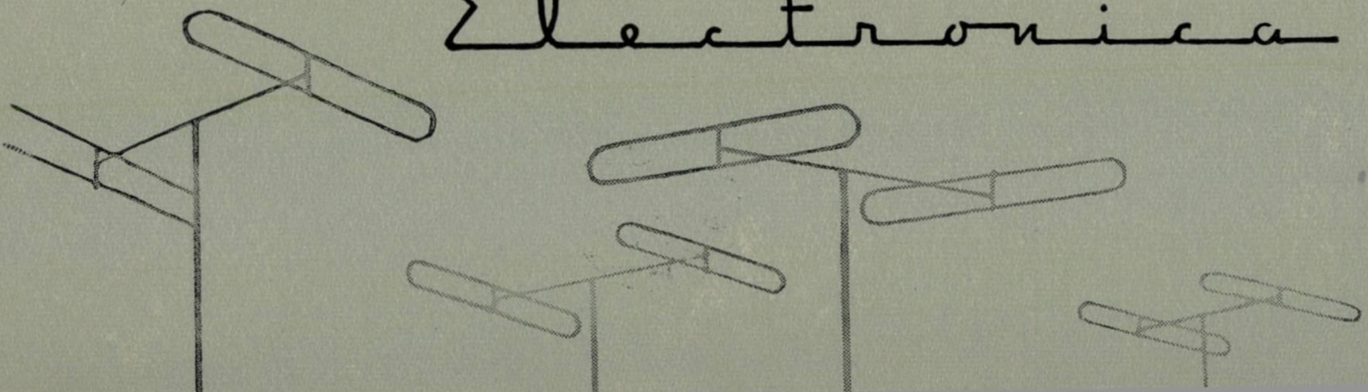
„COSMOS"



- Un televizor modern cu ecran mare avînd diagonala de 54 cm.
- Imaginea de cea mai bună calitate datorită strălucirii ei deosebite.
- Aparatul este înzestrat cu cele mai noi dispozitive de reglaj automat.
- Performanțe acustice deosebite.
- Televizorul este realizat cu cablaj imprimat
- Comutator de canale cu 12 poziții
- 18 tuburi electronice + 9 diode semiconductoare + 1 redresor cu seleniu
- 3 difuzoare

PRODUS DE UZINELE

Electronica

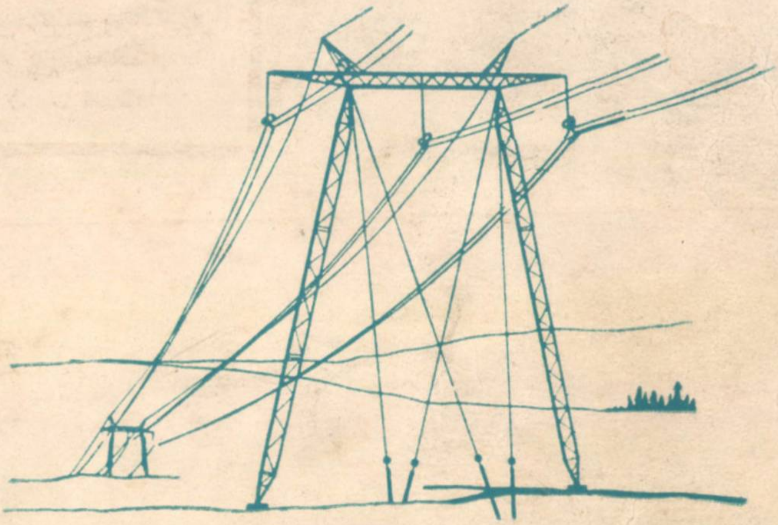


E 2039

R

ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 6 ★ ENERGETICA



6

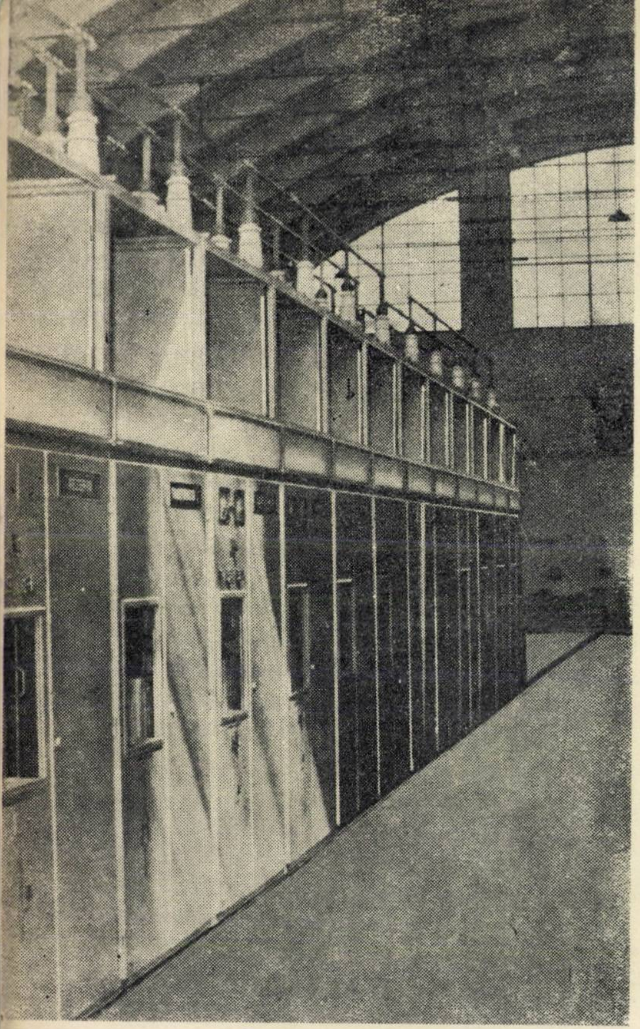
BUCUREȘTI ★ IUNIE ★ 1963

TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

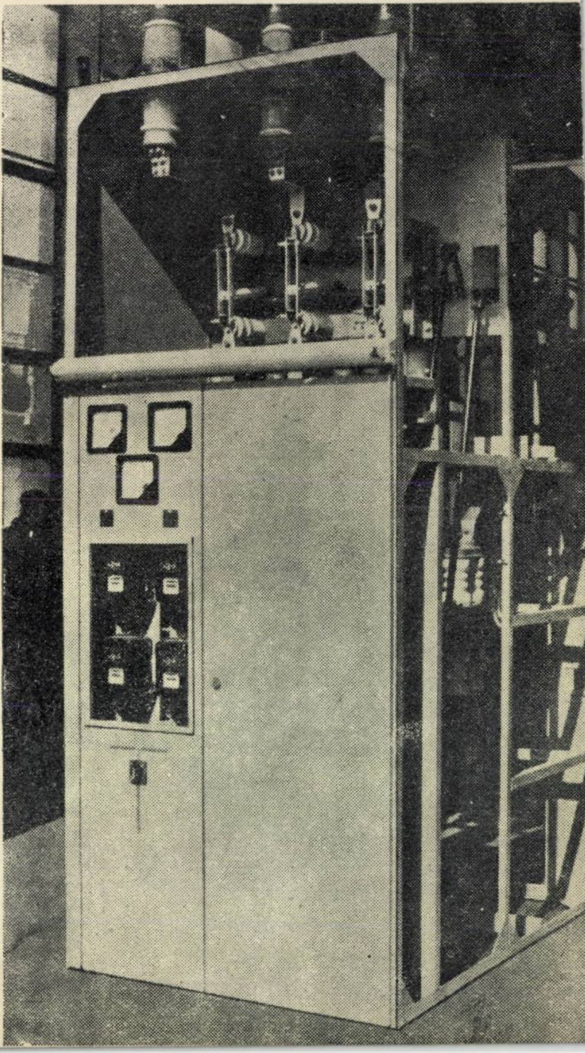
PRIN ÎNTREPRINDEREA SA DE PREFABRICATE
EXECUTĂ STAŢII DE TRANSFORMARE ŞI
CONEXIUNI CU CELULE PREFABRICATE

- — **tensiuni:** 6,10 şi 15 kV
- — **putere de scurtcircuit:** 200, 300 şi 400 MVA
- — **bare colectoare:** simplu sau dublu sistem
- — **întrerupătoare:** cu ulei puţin, montate pe cărucior cu contacte debroşabile
- — **dispozitive de acţionare:** cu resort (DRI) şi cu aer comprimat (DPI)



Celule prefabricate preasamblate în atelier înainte de expediţie pe şantier

Celulă prefabricată de interior pentru 6,10 şi 15 kV



SCHEMELE DE CONEXIUNI ALE CIRCUITELOR
PRIMARE ŞI SECUNDARE FIIND TIPIZATE, CELULELE SE LIVREAZĂ
PE BAZA UNOR INDICATIVE DE CATALOG

Cataloagele se pot obţine la cerere de la

TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

BUCUREŞTI, CALEA MOŞILOR Nr. 158
RAIONUL TUDOR VLADIMIRESCU
TELEFON: 16.63.30

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 6 IUNIE 1963

CUPRINS

CZ 621.311.22.004.15

Munteanu, R. : **Realizările CTE Paroşeni în legătură cu funcţionarea sigură şi economică**

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 241–246.

CZ 621.54 :621.53.001

Cserveny, I. : **Unele consideraţii la alegerea turbinelor pentru destinderea gazelor transportate prin conducte**

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 247–252.

CZ 621.3.072.6/8

Manea, F. şi *Ionescu, S.* : **Considerarea autotransformatoarelor în calculul pierderilor de putere din reţelele sistemelor electroenergetice**

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 253–255.

CZ 621.316.13.016.313

Lazăr, H. şi *Buhuş, P.* : **Metodă de calcul pentru determinarea deplasării neutrului în reţelele prevăzute cu bobină de stingere**

În articol se obţine o relaţie — mai generală decît cele întîlnite pînă în prezent în literatură — care permite să se determine variaţia tensiunii neutrului în funcţie de gradul de dezacordare al bobinei. Această relaţie a servit la elaborarea unei metode grafo-analitice pentru determinarea tensiunii neutrului din cazurile cele mai generale şi cu un volum de muncă redus.

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 255–261.

CZ 621.316.933 :621.3.027.4

Sufrim, M. : **Consideraţii asupra eficacităţii protecţiei prin legaera la pămînt şi a protecţiei prin legarea la nul în instalaţiile electrice cu tensiunea de lucru pînă la 1 000 V**

Se expun principiile de bază ale celor două metode de protecţie utilizate contra electrocutărilor prin atingerea părţilor din echipamentele electrice care nu sînt normal sub tensiune, dar pot primi tensiune prin defectarea izolaţiei echipamentului: legarea la pămînt şi legarea la nul. Se arată proprietăţile, avantajele şi dezavantajele fiecărei metode şi la utilizarea lor combinată, stabilindu-se concluzii asupra valorilor prizelor de pămînt şi tensiunilor de atingere admisibile.

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 261–271.

DIN EXPLOATARE

CZ 621.822 :621.165.001

Ferencz, A. : **Imbunătăţirea construcţiei lagărelor axiale ale turboagregatelor**

Lagărele axiale ale turboagregatelor suferă deseori avarii urmate de oprirea acestora. Cauza principală a avariilor este neasigurarea ungerii lichide între suprafeţele active ale lagărelor. Se expun fenomenele ce au loc în lagărele axiale şi soluţiile constructive pentru eliminarea defecţiunilor.

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 271–276.

CZ 621.822 :621.165.004.5

Miliţescu, Gh. şi *Căpăţînă, V.* : **Urmărirea funcţionării lagărului axial al turbinelor**

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 276–278.

CZ 621.165.004.5

Nicu, Vl. : **Spălarea de săruri a unei turbine cu abur**

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 278–280.

ENERGETICA PESTE HOTARE

CZ 621.311.1.(5)

Carabulea, A. : **Dezvoltarea energeticii în Republica Democrată Vietnam**

Energetica (*11*) 1963, nr. 6, p. 280–283.

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing **I. D. STANCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** acad. prof. ing. **M. BERCOVICI,** laureat al Premiului de Stat, conf. ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **T. POPA,** ing. **S. SANDULESCU** şi ing. **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN"—Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B.I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2 Bucureşti — c. 1972

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 11
1963
Nr. 6
IUNIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

Realizările CTE Paroşeni în legătură cu funcţionarea sigură şi economică

Ing. *R. MUNTEANU*

Îndeplinind cu succes sarcinile de electrificare a ţării, trasate prin directivele şi hotărîrile P.M.R., colectivul CTE Paroşeni alături de ceilalţi energeticieni din sector, a obţinut rezultate din ce în ce mai bune în îmbunătăţirea indicilor tehnico-economici de exploatare.

În cele ce urmează se scot în evidenţă realizările obţinute în exploatare la CTE Paroşeni în 1962, în comparaţie cu realizările din anii anteriori, şi se arată principalele măsuri care au stat la baza progresului obţinut.

Scurt istoric asupra dezvoltării CTE Paroşeni

CTE Paroşeni a intrat în funcţiune cu primul grup în 1956, iar în prezent are o putere instalată de 150 MW. Centrala este dotată cu trei cazane de înaltă presiune tip PK-10-p, cu debitul nominal de 230 t/h, cu parametrii aburului de 510°C şi 100 ata, şi cu trei turbine de condensaţie tip VK-50-1, cu o putere nominală de 50 MW.

Combustibilul de bază folosit îl constituie cărbunele sub formă de mixte, cu conţinut mare de cenuşă, provenit de la spălarea huilei de Valea Jiului.

Pînă în ianuarie 1959, centrala a folosit pentru ardere şi păcură, iar după această dată a folosit, pe lîngă mixte, şi gaze de sondă în proporţie de 30—50% din combustibil, păcura utilizîndu-se numai pentru pornire.

În prezent centrala este în extindere, executîndu-se etapa a II-a, prin care puterea instalată se va mări la 300 MW. Se instalează două cazane cu străbatere forţată şi supraîncălzire intermediară, cu parametrii aburului de 140 at şi 570/565°C la un debit de 270 t/h fiecare, şi o turbină de condensaţie tip K-150-130, cu puterea nominală de 150 MW.

De la punerea în funcţiune şi pînă în prezent, centrala a înregistrat an de an succese tot mai importante în creşterea productivităţii agregatelor, mărirea siguranţei în exploatare şi a economicităţii. Aceste realizări s-au obţinut prin aplicarea în cadrul secţiilor de bază ale centralei a numeroase măsuri, determinate ca eficiente din punct de vedere economic prin studii efectuate de către colectivul de ingineri şi tehnicieni din întreprindere.

Creşterea producţiei de energie electrică a centralei

Producţia de energie electrică a centralei (fig. 1) a crescut continuu, ajungînd de la 179 GWh, producţie realizată în 1956, la 1 231 GWh în 1961, ceea ce reprezintă 109% faţă de întreaga producţie de energie electrică realizată în Romînia în 1938.

Creşterea producţiei de energie electrică a CTE Paroşeni a fost posibilă ca urmare a aplicării diferitelor metode şi măsuri noi în exploatare, dintre care se relevă:

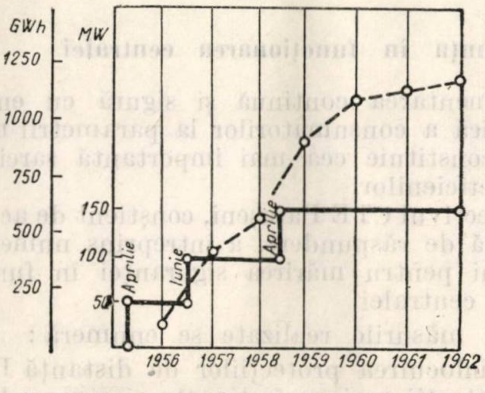


Fig. 1. Producţia de energie electrică şi puterea instalată a centralei:

——— puterea instalată; – – – producţia de energie.

— executarea lucrărilor de reparaţii în termen scurt şi de bună calitate, fapt care a permis producerea unei cantităţi suplimentare de energie, precum și prelungirea duratei de funcționare între două reparații. Astfel cazanul *3* nu a fost oprit în timpul anului 1962 decît șapte ore într-un gol de sarcină, iar turbina *1* nu a fost deschisă din anul 1960;

— mărirea puterii disponibile a centralei la 163 MW, față de puterea nominală de 150 MW, prin funcționarea la suprasarcină de durată a turboagregatelor. Condițiile de funcționare la suprasarcină au fost determinate prin probe de către personalul centralei. Funcționarea centralei la suprasarcină cu 163 MW este posibilă datorită rezervei în debitul de abur al cazanelor.

Prin funcționarea sigură și la suprasarcină a instalațiilor s-a realizat în 1962 cea mai mare putere medie și cel mai mare număr de ore de utilizare a puterii instalate, fapt de o importanță economică deosebită.

Coeficientul de folosire a puterii instalate a crescut de la 58,6 % în 1956 la 93,7 % în 1962, iar puterea medie pe centrală a crescut de la 126,27 MW în 1960 la 140,59 MW în 1962 (fig. 2).

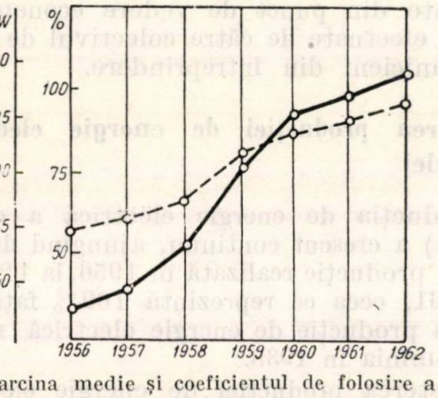


Fig. 2. Sarcina medie și coeficientul de folosire a puterii instalate:
——— sarcina medie realizată; – – – coeficientul de folosire a puterii instalate.

Siguranța în funcționarea centralei

Alimentarea continuă și sigură cu energie electrică a consumatorilor la parametrii nominali constituie cea mai importantă sarcină a energeticienilor.

Colectivul CTE Paroșeni, conștient de această sarcină de răspundere, a întreprins numeroase acțiuni pentru mărirea siguranței în funcționarea centralei.

Din măsurile realizate se enumeră:

— înlocuirea protecțiilor de distanță D-200 cu protecții mai perfecționate și sigure de tip RD-7;

— modernizări în schema RAR a liniilor de 110 kV;

— punerea în funcțiune a protecției barelor de 110 kV și automatizarea cuplei;

— montarea de contoare pentru înregistrarea descărcărilor atmosferice pe paratonerele din stațiile de 110 și 35 kV;

— montarea unui osciloperturbograf pentru analizarea funcționării protecțiilor;

— semnalizarea la camera de comandă a declanșării agregatelor de la serviciile interne de 3 kV, a presiunii din colectoarele de alimentare a cazanelor și a presiunii gazelor de sondă în magistrale;

— realizarea blocajului electropompelor de alimentare, electropompelor de condens secundar, electropompelor de păcură, electropompelor de spălare;

— executarea măsurătorilor și încercărilor profilactice la întreg echipamentul electric;

— executarea de măsuri profilactice în cadrul fiecărei secții pe bază de grafic;

— întocmirea și realizarea planurilor de măsuri pentru prevenirea avariilor;

— întocmirea și realizarea din timp a planului pentru trecerea vîrfului de sarcină maximă în timpul iernii;

— realizarea tuturor măsurilor din planul tehnic și MTO înainte de termen;

— realizarea sticlelor de nivel coborît (cu sticlă organică) la toate cazanele;

— semnalizări reciproce la cota 0 m între turbine;

— semnalizări între cota sticlelor de nivel și cota 8 m la cazane;

— coborîrea la cota 8 m a ventilelor golirilor rapide ale cazanelor;

— semnalizarea temperaturii ridicate a lagărelor la agregatele auxiliare mai importante;

— modificarea sistemului de blocaj și al semnalizărilor de pe circuitul de transport al combustibilului.

În instalații au fost montate și o serie de acționări electrice, cu ajutorul cărora se execută manevrele mai rapid și se ușurează munca personalului, fapt ce permite o supraveghere mai atentă a instalațiilor, ca, de exemplu:

— acționarea electrică a vanelor de pe refularea pompelor de alimentare;

— acționarea electrică a vanelor pe partea de intrare a apei în PJP nr. 1, de la TA 1, TA 2 și TA 3;

— acționarea electrică a vanelor de intrare a apei în turnurile de răcire;

— acționarea electrică a stavilelor de la puțul-sifon;

— acționarea electrică a monoraiului pentru ridicarea sitelor de la bazinul de amestec și presiune;

— acționarea electrică a eșapărilor în atmosferă de la cazane;

— acționarea electrică a vanelor de punere în paralel a cazanelor;

— acționarea electrică a reglării debitului în stația de epurare chimică:

— instalația de încărcare a morilor cu bile, acționată electric.

Rezultatele obținute în funcționarea sigură a instalațiilor se pot aprecia după numărul de avarii și deranjamente înregistrate. În cadrul CTE Paroșeni, numărul avariilor a fost redus de la 22 în 1956 la o avarie în 1962, aceasta fiind cauzată de spargerea unei țevi de supraîncălzitor la cazanul *1* (fig. 3).

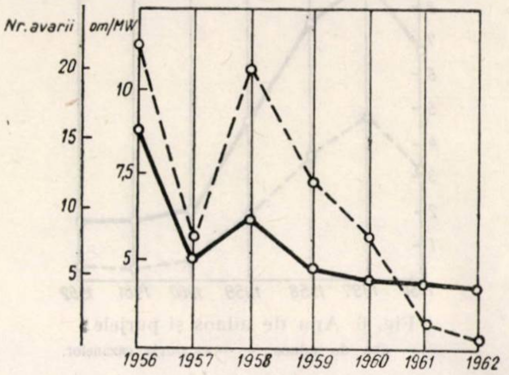


Fig. 3. Coeficientul de personal specific și numărul avariilor :
—— om/MW ; – – – total avarii.

Pentru mărirea în continuare a siguranței în funcționare, în cursul anului 1963 se vor realiza măsuri noi, cele mai importante fiind :

— introducerea sistemului de reglaj electronic pentru automatizarea procesului de ardere la cazane ;

— introducerea regulatoarelor electronice cu trei impulsuri pentru automatizarea alimentării cazanelor ;

— automatizarea nivelului în preîncălzitoarele din instalația regenerativă ;

— mecanizarea concasării zgurei la cazane ;

— curățirea mecanizată și continuă a coturilor de intrare în mori.

Funcționarea economică a centralei

Paralel cu preocupările pentru funcționarea sigură a instalațiilor, colectivul CTE Paroșeni a acordat o atenție sporită reducerii consumului specific de combustibil, prin evitarea risipei și raționalizarea consumului de căldură (fig. 4).

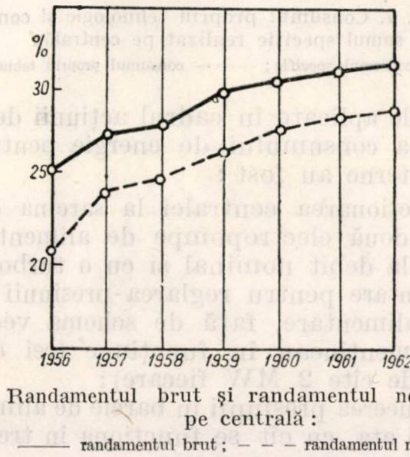


Fig. 4. Randamentul brut și randamentul net realizate pe centrală :
—— randamentul brut ; – – – randamentul net.

Sarcina reducerii consumului specific de combustibil a fost pusă întregului personal din exploatare ca una dintre cele mai importante probleme. Prin măsurile aplicate în raționalizarea consumului de căldură pe centrală, s-a reușit ca în 1962 consumul specific de combustibil să fie redus la 395,52 g c.c./kWh, față de 490 g c.c./kWh cît s-a realizat în 1956.

Principalele măsuri care au contribuit la reducerea consumului specific de combustibil al centralei constau în :

— Folosirea în largă măsură a aburului de potențial scăzut atît în procesul tehnologic de producere a energiei electrice cît și în instalațiile de termoficare.

Prin aplicarea acestui procedeu în cadrul centralei s-au realizat însemnate economii de combustibil.

În prezent se utilizează prin stațiile de reducere de 110/25 ata de la cazane, pentru suflătoarele de funingine, injectoarele de păcură și gospodăria de păcură, abur saturat prelevat din tambure în locul aburului supraîncălzit prelevat din conducta principală, folosit înainte.

La injectoarele turbinelor se folosește abur destins din priza I, în locul aburului viu din conducta principală.

Pentru degazarea apei de alimentare, în degazoarele de 6 ata, se folosește (de la sarcina de 45 MW în sus) abur din priza a III-a a turbinelor, în locul aburului prelevat din priza a II-a.

În preîncălzitoarele instalațiilor de termoficare, atît pentru incinta centralei cît și pentru colonia muncitorească, se folosește exclusiv abur de eșapare de la turbopompa de alimentare. Pentru aceasta se menține în colectorul de refulare al turbopompei o presiune mai ridicată, de 2,8 ata, în loc de 1,2 ata.

— Menținerea în funcțiune a instalației regenerative pentru preîncălzirea apei de alimentare, cu toate preîncălzitoarele pe toată durata de funcționare a turbinelor. În 1962 au fost scoase din funcțiune numai două preîncălzitoare de joasă presiune pentru circa 30 ore.

— Repartizarea economică a sarcinii pe mașini.

— O măsură importantă pentru creșterea randamentului a fost menținerea parametrilor aburului viu la valorile de proiect.

Reducerea consumului specific de combustibil în cursul anului 1962 a fost influențată în mare măsură de introducerea procedeului de spălare cu bile a condensatoarelor la toate mașinile. Instalațiile de spălare cu bile a condensatoarelor au fost executate de personalul de reparații al centralei, ele funcționînd în condiții foarte bune. Ca urmare a aplicării acestui procedeu eficace de curățire a țevilor de condensatoare de depunerile de nămol, vidul a crescut în cursul anului 1962 cu 0,406% față de vidul realizat în 1961, deși sarcina medie a crescut în acest interval de la 132,8 la 140,59 MW.

Cea mai însemnată îmbunătățire a vidului s-a realizat în 1959, cînd s-au dat în exploatare aducțiunea și barajul principal de pe cursul rîului Jiul Romînesc. În figura 5 se arată variația vidului în funcție de variația condițiilor de răcire în cursul anului 1962.

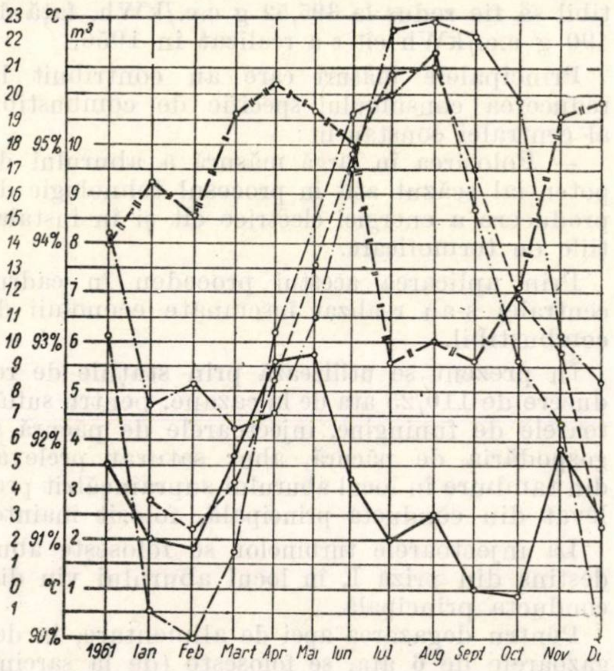


Fig. 5. Vidul în funcție de variația parametrilor de pe circuitul hidrotehnic în cursul anului 1962:
– – – temperatura apei baraj, °C; —— – – —— temperatura la intrare în condensator, °C; —— · —— temperatura exterioară, °C; ——— debit Jiu, m³/s (captat); —— ‖ —— vid în condensator, %.

Menținerea etanșă a circuitului abur-apă din centrală a influențat, de asemenea, reducerea pierderilor de căldură. Este demn de relevat faptul că prin întreținerea în perfectă stare a armăturilor și conductelor, împreună cu alte măsuri, s-a putut reduce procentul de apă de adaos pe centrală în 1962 la 1,88%. Micșorarea procentului de apă de adaos a fost influențată de o serie de măsuri, dintre care menționăm pe cele mai importante. Consumul de păcură în 1962 a fost redus la numai 83 t, au fost modificate ejectoarele pentru pulverizarea păcurii, astfel că pentru menținerea lor în rezervă în afara focarului nu mai este necesară răcirea cu abur. Purjele la cazane au fost reduse la 0,499% (fig. 6), ca urmare a menținerii unui regim chimic corect în ciclul apă-abur și a modificării prealabile a separației la cazane. La reducerea purjelor continue a contribuit în mare măsură faptul că la reparații s-a realizat o bună etanșare a plăcilor tubulare ale condensatoarelor, prin curățire, vopsire cu miniu și bituminare în mai multe straturi, ceea ce a prevenit impurificarea condensatului.

În funcționarea economică a centralei, o mare importanță o au măsurile luate pentru reducerea consumului propriu tehnologic. Consumul propriu tehnologic a fost redus de la 12,86% în 1956 la 7,40% în 1962 (fig. 7).

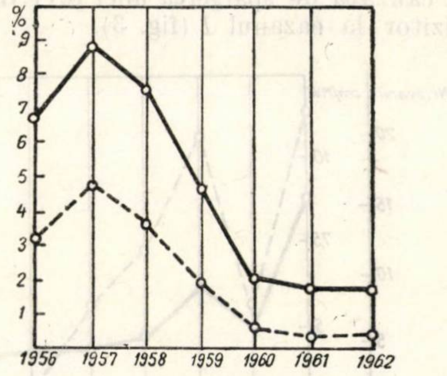
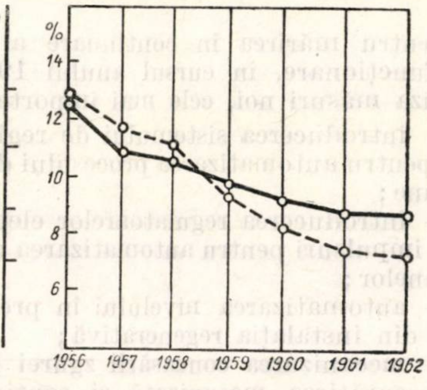


Fig. 6. Apa de adaos și purjele:
——— apa de adaos; – – – purja cazanelor.



Perioada, ani	Cons. specif., g c.c/kWh	Cons. propriu, %
1956	490	12,8
1957	448	11,7
1958	440	11,3
1959	420	9,2
1960	405	8,1
1961	396,8	7,4
1962	395,5	7,4

Fig. 7. Consumul propriu tehnologic și consumul specific realizat pe centrală:
——— consumul specific; – – – consumul propriu tehnologic.

Măsurile aplicate în cadrul acțiunii de raționalizare a consumului de energie pentru serviciile interne au fost:

— funcționarea centralei la sarcina de 163 MW cu două electropompe de alimentare de 270 t/h, la debit nominal și cu o turbopompă de alimentare pentru reglarea presiunii în barele de alimentare, față de schema veche, în care se mențineau în funcțiune trei electropompe (de cîte 2 MW fiecare);

— reducerea presiunii în barele de alimentare de la 145 ata, cu cît se funcționa în trecut, la

125 ata (prin înlocuirea celei de-a treia electropompe de alimentare cu o turbopompă, al cărei abur eșapat se folosește în preîncălzitoarele de termoficare);

— folosirea în modul cel mai rațional a circuitului hidrotehnic. Se captează debitul maxim de apă de răcire, menținîndu-se în perfectă stare de etanșeitate stavilele de la baraj; au fost reduse pierderile mecanice din circuitul hidrotehnic, la decantor, turnurile de răcire și stavilele de la puțul-sifon. Depunerile din canalele circuitului hidrotehnic și bazinele turnurilor de răcire se curăță periodic, menținîndu-se în funcțiune întreaga capacitate a circuitului hidrotehnic. În legătură cu aceasta menționăm și faptul că în cursul anului 1962, din depunerile în bazinele turnurilor de răcire, s-a valorificat o cantitate de circa 2 000 t șlam, cu o putere calorifică de 2 700 kcal/kg;

— automatizarea circuitului hidrotehnic prin pornirea automată periodică a periilor rotative de la decantoare, în locul funcționării continue, și menținerea constantă a nivelului în canalele de ieșire a apei din condensatoare;

— reducerea presiunii prea mari față de necesități a unor electropompe, prin micșorarea numărului de trepte;

— automatizarea încărcării morilor cu cărbune, evitîndu-se funcționarea lor la debite parțiale.

Pentru o participare mai mare a centralei la acoperirea vîrfurilor de sarcină din sistem au fost luate măsuri pentru raționalizarea consumului serviciilor interne la vîrful de sarcină. Astfel, numeroase instalații (cum sînt morile de cărbune, unele ventilatoare de mori, instalațiile de transport al cărbunelui) funcționează pe bază de grafic, în golurile de sarcină, mărindu-se în acest fel puterea livrată în sistem cu 3—4 MW, prin reducerea temporară a consumului propriu tehnologic la orele de vîrf.

Organizarea reparațiilor

La obținerea indicilor ridicați de exploatare ai centralei, o contribuție de seamă a avut-o personalul din cadrul formațiilor de reparații și întreținere, care prin executarea de lucrări bune și în termene scurte au asigurat condițiile pentru funcționarea îndelungată și sigură a instalațiilor (fig. 8 și 9).

Personalul secției de reparații termomecanice, precum și personalul de reparații electrice, este organizat în formații specializate după specificul agregatelor ale căror reparații le execută. Sînt constituite formații pentru reparații de armături, agregate rotative, confecții metalice, turbine, cazane, motoare, întreruptoare, transformatoare, circuite de înaltă tensiune, forță și iluminat.

Activitatea personalului de reparații se desfășoară după planurile de muncă lunare, care se întocmesc pe baza planului anual de reparații ale agregatelor auxiliare, a planului de reparații ale agregatelor de bază, precum și a măsurărilor prevăzute în planul tehnic și MTO.

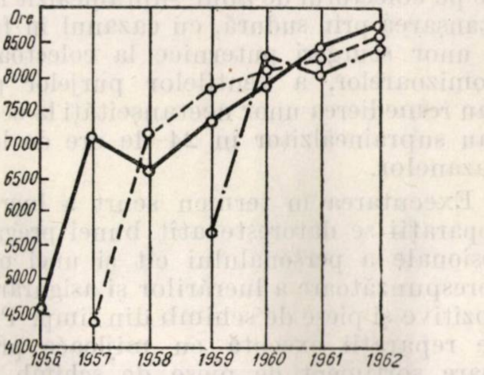


Fig. 8. Numărul orelor de funcționare a turbinelor din CTE Paroșeni:

—— turbina 1; — — — turbina 2; — · — turbina 3.

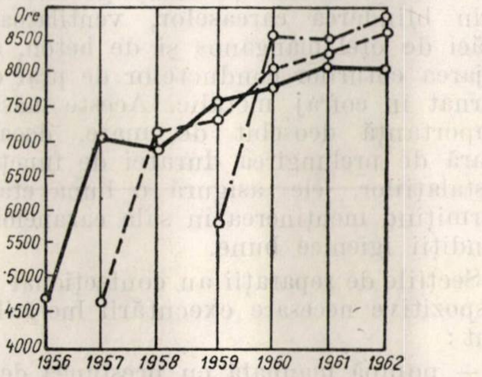


Fig. 9. Numărul orelor de funcționare a cazanelor din CTE Paroșeni:

—— cazanul 1; — — — cazanul 2; — · — cazanul 3.

De remarcat este faptul că toate lucrările de reparații planificate, la agregatele auxiliare, care afectează puterea centralei sau siguranța de exploatare, se execută numai în perioadele de gol de sarcină. În aceste condiții, lucrul se organizează în schimburi (după vîrful de sîmbătă seara și pînă luni dimineața), timp în care se execută lucrări de volum mare, ca revizia sistemului de reglaj al turbinelor, al reductoarelor, reparații curente ale ventilatoarelor de gaze, ale ventilatoarelor de aer, ale ventilatoarelor de mori, iar în instalațiile electrice repararea motoarelor, a întreruptoarelor, schimbarea rotoarelor de excitatoare, revizia circuitului primar al blocului și verificarea protecțiilor.

Pe lîngă lucrările planificate, personalul de reparații execută și remedierea defecțiunilor apărute în instalații. Pentru remedierea rapidă a defecțiunilor, centrala are în permanență la dispoziție personal de intervenție.

Formațiile de reparații au remediat multe defecțiuni, care puteau genera avarii. Menționăm cazurile de remediere, cu agregatele în funcțiune, a unor defecțiuni importante, ca etanșarea unor buzunare sparte pentru termometrul cu mercur de pe colectorul de abur supraîncălzit la cazane, etanșarea prin sudură, cu cazanul în funcțiune, a unor scurgeri puternice la colectoarele economizoarelor, a ventilelor purjelor periodice, sau remedierea unor neetanșeități la economizor sau supraîncălzitor în 24 de ore de la oprirea cazanelor.

Executarea în termen scurt a lucrărilor de reparații se datorește atît bunei pregătiri profesionale a personalului cît și unei organizări corespunzătoare a lucrărilor și asigurării cu dispozitive și piese de schimb din timp. Personalul de reparații execută cu mijloace proprii un mare sortiment de piese de schimb sau subansamble ale agregatelor.

Secția reparații termomecanice a luat măsuri radicale și împotriva eroziunilor produse de sterilul din cărbune și cenușa gazelor de ardere, prin blindarea carcaselor, ventilatoarelor cu plăci de oțel manganos și de beton, sau protejarea coturilor conductelor de praf cu beton turnat în cofraj metalic. Aceste măsuri au o importanță deosebit de mare, deoarece, în afară de prelungirea duratei de funcționare a instalațiilor, ele asigură o bună etanșeitate, permițînd menținerea în sala cazanelor a unor condiții igienice bune.

Secțiile de reparații au confecționat și multe dispozitive necesare executării lucrărilor, cum sînt :

— pompă manuală cu presiunea de 300 at, necesară la proba hidraulică a conductelor și armăturilor ;

— masă magnetică pentru prelucrarea prin rectificare a pieselor de dimensiuni mici sau subțiri ;

— dispozitiv pentru strunjirea la fața locului a inelelor de pe rotoarele generatoarelor ;

— stand pentru încercare la presiunea de regim a supapelor de siguranță ale cazanelor ;

— instalație optică pentru verificarea închiderii simultane a contactelor, întreruptoarelor de înaltă tensiune ;

— instalație transportabilă pentru recondiționarea uleiului la întreruptoare și transformatoare cu ulei mult ;

— dispozitiv pentru scoaterea rotoarelor și ridicarea motoarelor de 3 kV ;

— trusă pentru încercări de înaltă tensiune și amenajarea unei camere de înaltă tensiune ;

— cărucior pentru transportul transformatoarelor de 60 MVA.

Buna organizare a formațiilor de reparații și asigurarea bazei tehnico-materiale corespunzătoare au permis scurtarea simțitoare a reparațiilor agregatelor de bază.

Astfel, dacă în 1957 reparația mijlocie a unei turbine se efectua în 45 zile, în 1961 ea s-a executat în 18 zile, iar reparația unui cazan a fost redusă de la 30 zile, cît dura în 1957, la numai 14 zile în 1961.

Pregătirea personalului

Pentru asigurarea condițiilor unei exploatări sigure și economice a instalațiilor în cadrul CTE Paroșeni s-a acordat o atenție deosebită pregătirii personalului. La punerea în funcțiune a primului grup, personalul centralei era în mare majoritate fără experiență în producție, abia ieșit de pe băncile școlii. Personalul CTE Paroșeni a crescut și s-a format o dată cu dezvoltarea centralei. Astăzi, la CTE Paroșeni există personal bine calificat și cu experiență în toate compartimentele de activitate. Cu toate acestea, munca de instruire se desfășoară și în prezent cu aceeași intensitate. Pentru instruirea personalului de exploatare cît și a celui de reparații, în cadrul fiecărei secții funcționează, în perioadele noiembrie—aprilie, cursuri de minim tehnic, la care se predau lecții cuprinzînd date pentru cunoașterea instalațiilor existente, precum și a celor care vor intra în funcțiune în viitor, noțiuni de bază din termotehnică și electrotehnică, PET și NTS. De asemenea se execută exerciții de avarii.

În munca de ridicare a nivelului tehnic și profesional al personalului se folosesc și alte metode. Spre exemplu, în cadrul laboratorului electric sînt formate grupe de 2—3 tovarăși, care lucrează pe lîngă o persoană cu experiență și înaltă calificare care-i pregătește. Repartizarea lucrărilor se face în toate cazurile ținîndu-se seamă de calificarea formației respective.

În cadrul întreprinderii se fac periodic informări tehnice asupra problemelor noi în construcția utilajului energetic, precum și asupra metodelor noi folosite în exploatarea centralelor electrice.

Unele considerații la alegerea turbinelor pentru destinderea gazelor transportate prin conducte

Ing. *IULIU CSERVENY*

1. Particularități ale funcționării turbinelor de destindere

Unul dintre aspectele specifice ale funcționării turbinelor de destindere îl constituie variația în limite largi a debitului de gaz și a raportului de destindere în turbină, datorită modificării în timp a cerințelor consumatorilor de gaz și regimului de presiune a conductei. Regimurile de funcționare a turbinei vor fi în general diferite de cel nominal și se vor schimba în timp, dar pot fi considerate ca o succesiune de regimuri staționare, întrucît schimbările sînt relativ lente, exceptînd regimurile de avarie a conductei.

Dependența regimurilor turbinei de funcționarea conductei și posibilitatea de a exploata conducta astfel încît să se creeze condiții favorabile pentru obținerea energiei cu ajutorul turbinei conduc la considerarea celor două elemente amintite ca părți ale unui ansamblu. Pentru a se urmări ușor comportarea ansamblului conductă-turbină, se dezvoltă în cele ce urmează ,,diagrame caracteristice'' ale conductei, respectiv turbinei, într-un sistem de coordonate comun și se prezintă cîteva din aplicațiile acestei metode grafice.

2. Diagramele caracteristice ale turbinei

Dintre posibilitățile de folosire a lucrului mecanic dezvoltat de turbină, lucrarea de față se limitează la acționarea generatoarelor electrice. Turația generatoarelor asincrone și mai ales a celor sincrone variază în limite relativ restrînse, astfel încît se poate admite pentru turbină, cu o precizie satisfăcătoare, ipoteza funcționării la turația constantă (respectiv $\frac{u}{\sqrt{T_s}} = \text{const.}$).

Parametrii care variază în limite largi în cazul turbinelor de destindere sînt : debitul G și raportul de destindere $\frac{p_s}{p_i}$ (spre deosebire de turbinele cu abur, unde raportul de destindere este aproape constant), care are o influență mare asupra valorii randamentului. Pentru construirea materialului grafic din acest articol, s-a considerat că randamentul turbinei η_t variază proporțional cu randamentul periferic η_u al unei trepte cu acțiune :

$$\eta_u = \frac{2}{\sqrt{2g\frac{\varkappa}{\varkappa-1}R}}\cdot\frac{u}{\sqrt{T_s}}\left(1+\psi\frac{\cos\beta_2}{\cos\beta_1}\right)\cdot \tag{1}$$

$$\cdot\left(\varphi\cos\alpha_1-\frac{u}{\sqrt{T_s}}\cdot\frac{1}{\sqrt{2g\frac{\varkappa}{\varkappa-1}R}}\cdot\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{p_i}{p_s}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}}\right)\cdot$$

$$\cdot\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{p_i}{p_s}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}},$$

fluidul de lucru fiind metan ($R = 53$ kg m/kg°K ; $\varkappa = 1{,}31$), iar $\alpha_1 = 14°$; $\beta_1 = \beta_2$; $\psi = 0{,}9$; $\varphi = 0{,}95$. Influența debitului asupra randamentului este mai puțin importantă decît influența raportului de destindere [1].

Dintre mărimile care caracterizează funcționarea turbinei interesează în special puterea dezvoltată N și dimensiunile organelor parcurse de gaz, respectiv secțiunea minimă a ajutajelor turbinei S_{min} efectiv parcurse de gaz (proporțională cu gradul de admisie). Aceste două mărimi sînt legate de debitul G, care trece prin turbină, și de raportul de destindere $\frac{p_s}{p_i}$ prin relațiile :

$$N = G\frac{\varkappa}{\varkappa-1}RT_s\left[1-\left(\frac{p_i}{p_s}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}\right]\cdot\eta_t \tag{2}$$

$$S_{min} = \frac{G\sqrt{T_s}}{p_s}\cdot\frac{1}{q(\lambda)}\cdot\sqrt{\frac{R}{\varkappa g}\left(\frac{\varkappa+1}{2}\right)^{\frac{\varkappa+1}{\varkappa-1}}}\cdot \tag{3}$$

În relația (3) :

$$\lambda = \sqrt{1-\left(\frac{p_i}{p_s}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}\cdot\sqrt{\frac{\varkappa+1}{\varkappa-1}} \tag{4}$$

$$q(\lambda) = \left(\frac{\varkappa+1}{2}\right)^{\frac{1}{\varkappa-1}}\cdot\lambda\cdot\left(1-\frac{\varkappa-1}{\varkappa+1}\lambda^2\right)^{\frac{1}{\varkappa-1}}\cdot \tag{5}$$

Calculele se efectuează în cazul regimurilor subsonice ($\lambda < 1$) cu valoarea dată de relația (5) pentru funcția de debit $q(\lambda)$, iar pentru $\lambda \geqslant 1$, în secțiunea critică atingîndu-se viteza sunetului, se va considera în relația (3) : $\lambda = 1$ și $q(\lambda) = 1$.

Caracteristica turbinei în sensul relațiilor de mai sus este reprezentată în figura 1 prin două familii de curbe ($N = \text{const.}$ și $S_{min} = \text{const.}$) în coordonatele G ; $\frac{p_s}{p_i}$. În același sistem de coordonate, figura 2 prezintă „caracteristica frigorifică'' a turbinei, care constă din familii de curbe, $Q =$ const. şi $T_r =$ const.

Temperatura la ieşirea din turbină:

$$T_r = T_s\left[(1-\eta_t)+\eta_t\left(\frac{p_i}{p_s}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}\right] \qquad (6)$$

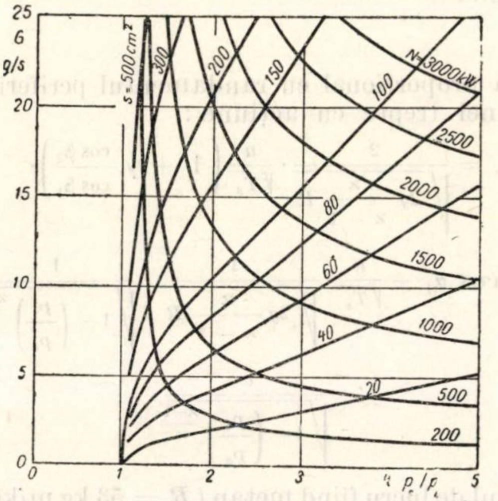


Fig. 1. Caracteristica turbinei.

şi cantitatea de frig produsă (raportată la nivelul $T^\star$):

$$Q=\frac{\varkappa}{\varkappa-1}RGT_s\left\{\frac{T^\star}{T_s}-1+\eta_t\left[1-\left(\frac{p_i}{p_s}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}\right]\right\} \qquad (7)$$

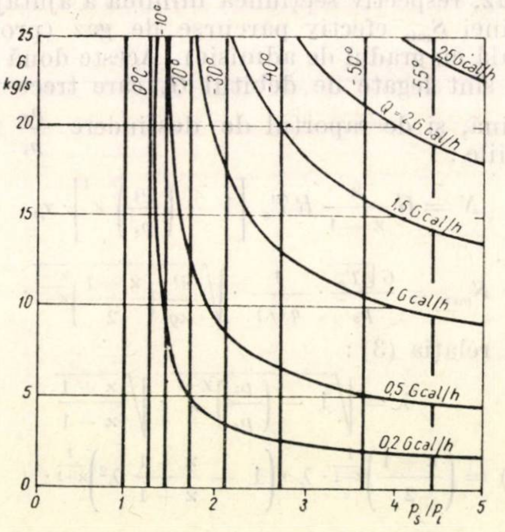


Fig. 2. Caracteristica frigorifică a turbinei.

prezintă interes în cazurile cînd gazul răcit prin destinderea în turbină este utilizat într-un schimbător de căldură ca sursă de frig.

3. Diagrama caracteristică a conductei

Funcţionarea unei conducte de diametru constant, neramificată, în regimuri staţionare se poate defini cu ajutorul presiunii la plecare p_0, presiunea p_s de la sfîrşitul conductei şi debitul G al conductei. Utilizînd ecuaţia (simplificată) care leagă aceste mărimi de dimensiunile conductei:

$$G=\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{g}{0{,}009407\ ZRT}}\cdot\frac{D^{8/3}}{\sqrt{l}}\sqrt{p_0^2-p_s^2}, \qquad (8)$$

se poate construi caracteristica luînd în ordonată debitul şi în abscisă presiunea de la sfîrşitul conductei raportată la presiunea (constantă) p_i a reţelei de distribuţie. Prin alegerea adecvată a scărilor se obţine ca familia de curbe $\frac{p_0}{p_i} =$ const. să fie reprezentată prin arce de cerc.

Se observă că arcele de cerc nu ating axa ordonatelor, ci sînt limitate de o presiune minimă la sfîrşitul conductei:

$$p_{s_{min}}=\frac{4G}{\pi D^2}\sqrt{\frac{ZRT}{g}}, \qquad (9)$$

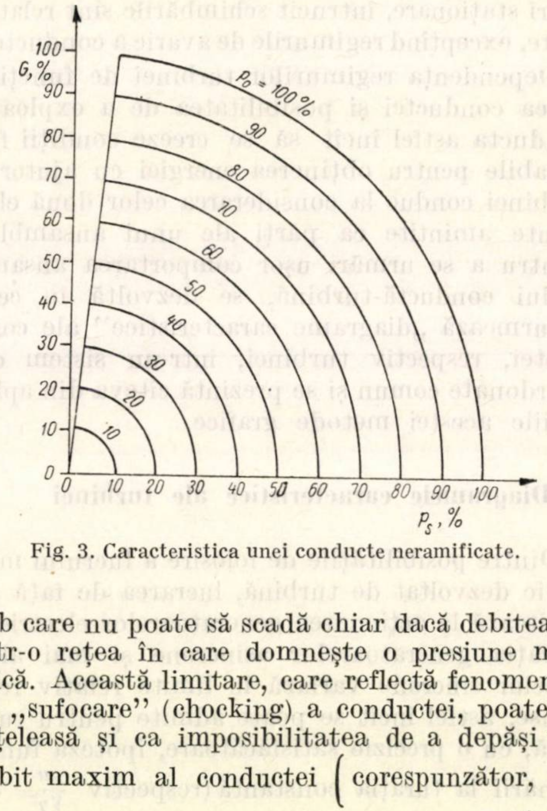
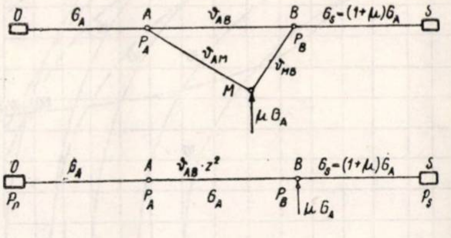


Fig. 3. Caracteristica unei conducte neramificate.

sub care nu poate să scadă chiar dacă debitează într-o reţea în care domneşte o presiune mai mică. Această limitare, care reflectă fenomenul de „sufocare'' (chocking) a conductei, poate fi înţeleasă şi ca imposibilitatea de a depăşi un debit maxim al conductei (corespunzător, în curgere izotermă, vitezei la ieşire $M_{max}=\frac{1}{\sqrt{\varkappa}}$).

3.1. *Conducte cu mai multe puncte de alimentare, ramificaţii şi schimbări ale numărului şi dimensiunilor tuburilor în paralel.* Conductele ramificate se deosebesc de cazul simplu discutat prin complicaţiile introduse de schimbările de diametru ale conductei, schimbarea numărului de conducte legate în paralel pe diferitele porţiuni şi de variaţiile de debit datorite aportului de gaz în punctele de alimentare, respectiv scăderilor după punctele de plecare ale ramificațiilor.

Pentru a obține caracteristica dorită se reduce cazul considerat la o conductă echivalentă* mai simplă. Prima operație este divizarea conductei considerate în tronsoane prin ,,noduri'', în care survine fie o schimbare de diametru, fie o schimbare a numărului conductelor, fie o schimbare de debit. Dacă între două noduri succesive există mai multe conducte în paralel, iar un consumator (sau punct de alimentare) intermediar este legat numai la una dintre ele, ,,triunghiul'' respectiv se înlocuiește cu o conductă echivalentă și un consumator (sau punct de alimentare) de aceeași mărime în nodul următor (fig. 4).



D
G_A
A
ϑ_{AB}
B
$G_s-(1+\mu)G_A$
S
p_A
p_B
ϑ_{AM}
ϑ_{MB}
M
μG_A
D
G_A
A
$\vartheta_{AB}\cdot z^2$
B
$G_s-(1+\mu)G_A$
S
p_n
p_A
G_A
p_B
μG_A
p_s

Fig. 4. Înlocuirea triunghiului cu o conductă echivalentă.

Notînd :

$$\vartheta = \frac{l}{D^{16/3}} \tag{10}$$

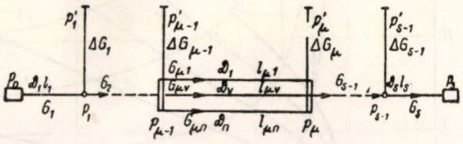
și μ — creșterea relativă de debit în punctul M, obținem, pentru tronsonul de conducte echivalent porțiunii cuprinse între nodurile A și B, valoarea :

$$z^2\,\vartheta_{AB}, \tag{11}$$

unde

$$z = \frac{\vartheta_{AM}+\vartheta_{MB}(1+\mu)-\sqrt{\vartheta_{AB}\left[\vartheta_{AM}+\vartheta_{MB}(1+\mu)^2\right]-\mu^2\vartheta_{AM}\vartheta_{MB}}}{\vartheta_{AN}+\vartheta_{MB}-\vartheta_{AB}} \tag{12}$$

conducta cu parametrul $z^2\vartheta_{AB}$ fiind parcursă de același debit G_A ca tronsonul precedent.



p_0
$\vartheta_1 l_1$
G_1
p'_1
ΔG_1
p_1
G_2
$p'_{\mu-1}$
$\Delta G_{\mu-1}$
$G_{\mu 1}$
ϑ_1
$l_{\mu 1}$
$G_{\mu\nu}$
ϑ_ν
$l_{\mu\nu}$
$p_{\mu-1}$
$G_{\mu n}$
ϑ_n
$l_{\mu n}$
p_μ
p'_μ
ΔG_μ
G_{s-1}
p'_{s-1}
ΔG_{s-1}
$\vartheta_s l_s$
p_{s-1}
G_s
p_s

Fig. 5. Conductă ramificată.

Conducta fiind redusă acum la tipul celei din figura 5, se calculează coeficienții ξ_μ determinați din relațiile :

$$\xi_\mu = K\,\frac{1}{\left(\sum_{\nu=1}^{n}\frac{D_{\mu\nu}^{8/3}}{\sqrt{l_{\mu\nu}}}\right)^2} \tag{13}$$

$$\sum_{\mu=1}^{s}\xi_\mu = 1. \tag{14}$$

Se determină apoi debitul conductei echivalente

$$G = \sqrt{K}\cdot\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{g}{0{,}009407\ ZRT}}\cdot\sqrt{p_0^2-p_s^2}\,. \tag{8'}$$

Caracteristica se trasează acum pentru diferite valori ale raportului $\frac{G_s}{G}$ debitului ultimului tronson la debitul conductei echivalente.

Dependența raportului $\frac{G_s}{G}$ de debitele relative în noduri $\frac{\Delta G_\mu}{G}$ rezultă din relația care leagă debitul conductei echivalente de debitele tronsoanelor :

$$G^2 = \sum_{\mu=1}^{s}\xi_\mu\,G_\mu\,. \tag{15}$$

Pentru o conductă formată din trei tronsoane, caracteristica este reprezentată în figura 6 (unde este redată și familia de curbe

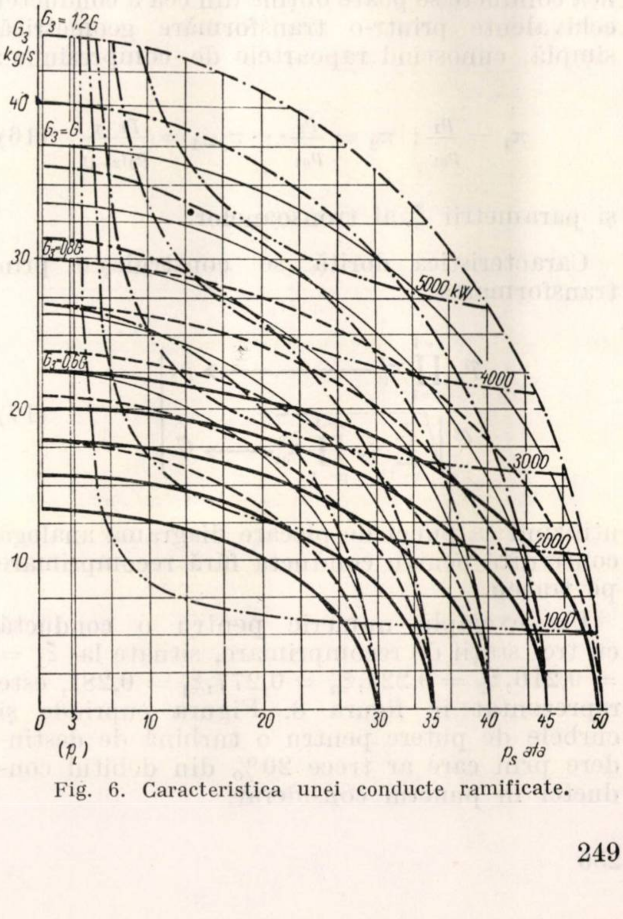


Fig. 6. Caracteristica unei conducte ramificate.

---

* Echivalentă din punctul de vedere al interdependenței între debitul tronsonului final G_s și presiunile : de plecare p_0 și de sosire p_s.

$N = \text{const.}$ din caracteristica turbinei). Raportul $\frac{G_3}{G}$ se determină grafic ca în figura 7, cunoscînd debitele din noduri (în primul nod este o ramificație, într-al doilea o ramificație și un punct de alimentare).

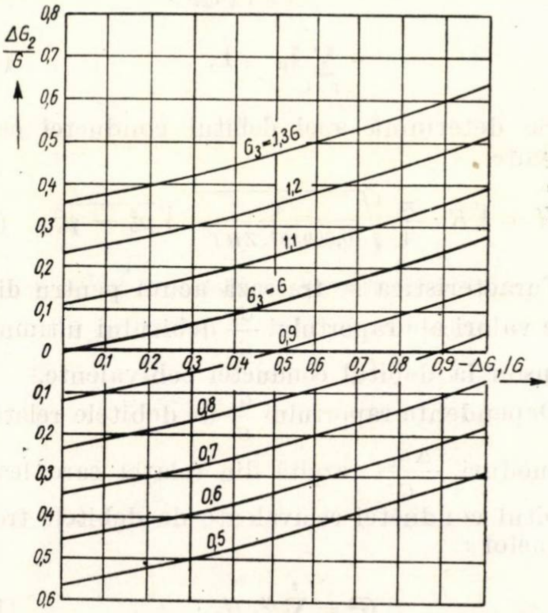


Fig. 7. Diagramă pentru determinarea raportului $\frac{G_3}{G}$.

3.2. *Conducte cu recomprimare mecanică pe traseu.*

Diagrama caracteristică a unei asemenea conducte se poate obține din cea a conductei echivalente printr-o transformare geometrică simplă, cunoscînd rapoartele de compresiune:

$$\pi_1 = \frac{p_1}{p_{01}};\quad \pi_2 = \frac{p_2}{p_{02}} \cdots \pi_{s-1} = \frac{p_{s-1}}{p_{0(s-1)}} \tag{16}$$

și parametrii ξ_ν ai tronsoanelor.

Caracteristica dorită se construiește prin transformarea:

$$\left.\begin{aligned} p_s \prod_{\mu=1}^{s-1} \pi_\mu^2 &\longrightarrow p_s \\ G \sqrt{\sum_{\nu=1}^{s} \xi_\nu \prod_{\mu=1}^{\nu-1} \pi_\mu^2} &\longrightarrow G \end{aligned}\right\} \tag{17}$$

utilizînd ca punct de plecare diagrama analogă construită pentru conducta fără recomprimare pe traseu.

Un exemplu numeric pentru o conductă cu trei stații de recomprimare, situate la $\xi_1 = 0{,}216, \xi_2 = 0{,}224, \xi_3 = 0{,}277, \xi_4 = 0{,}281$, este reprezentat în figura 8. Figura cuprinde și curbele de putere pentru o turbină de destindere prin care ar trece 20% din debitul conductei în punctul considerat.

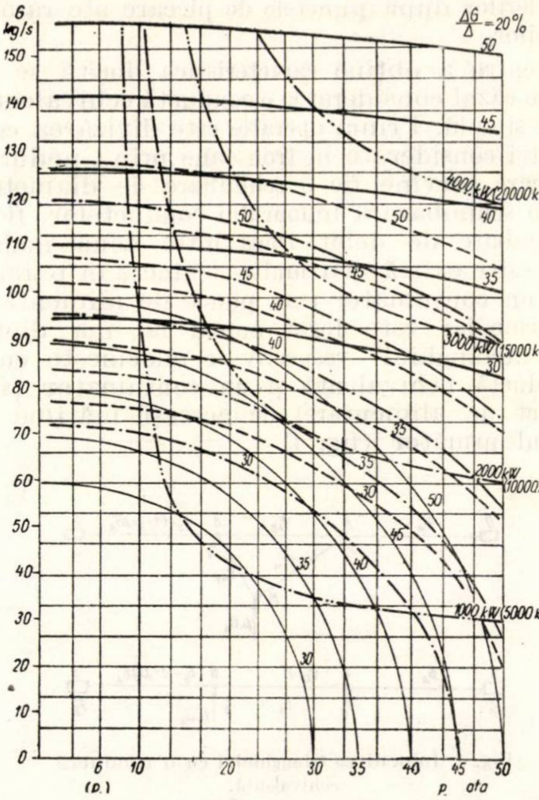


Fig. 8. Caracteristica unei conducte cu recomprimare pe traseu.

4. Considerații la alegerea turbinelor

4.1. *Influența dimensiunilor asupra comportării turbinei.*

Modul în care secțiunea minimă totală a ajutajelor influențează comportarea unei turbine cu o singură treaptă este exemplificat în figura 9, prin diagrama caracteristică construită pentru $S_{min} = 100$ cm².

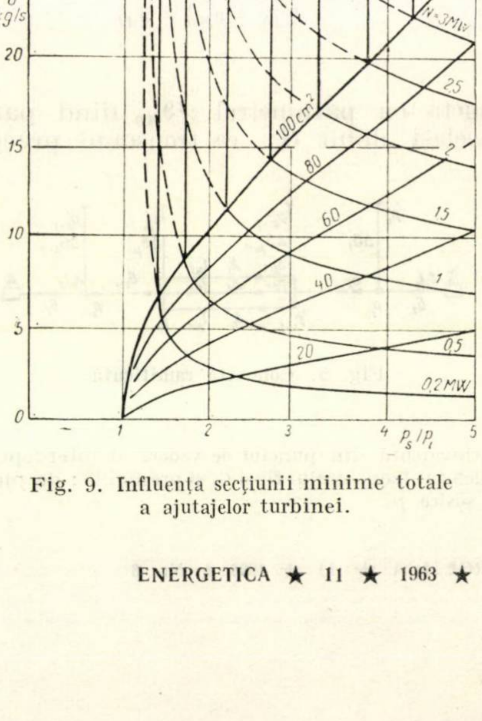


Fig. 9. Influența secțiunii minime totale a ajutajelor turbinei.

În domeniul debitelor prea mari, care nu pot trece în întregime prin turbină (deasupra curbei $S_{min} = 100$ cm^2), au fost trasate curbele de putere constantă ale mașinii cu linii pline, cu linii întrerupte fiind reprezentate puterile ce s-ar putea obține cu turbine avînd secțiuni de trecere mai mari. Se observă că puterea astfel neutilizată poate fi în unele regimuri foarte importantă; din această cauză se recomandă ca turbinele pentru destinderea gazului metan să dispună de un reglaj prin admisie în limite cît mai largi.

4.2. *Cînd este necesară o stație de reducere a presiunii în paralel cu turbina.* Comparînd curbele de putere maximă N_{max} și cea corespunzătoare secțiunii ajutajelor S_{min}, din caracteristica turbinei cu arcul de cerc corespunzător presiunii de plecare maxime p_{0max} a conductei (fig. 10), se constată că numai o parte din debitul conductei poate trece prin turbină.

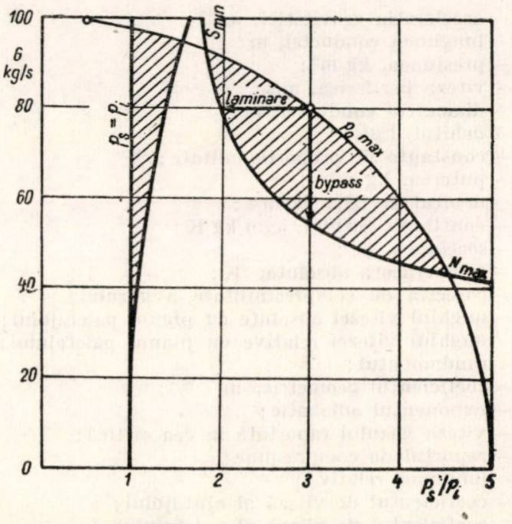


Fig. 10. Necesitatea instalării unor regulatoare de presiune în paralel cu turbina.

Există două domenii (hașurate în figură) în care debitul suplimentar trebuie trecut printr-un reductor de presiune montat în paralel cu turbina, fie pentru asigurarea vîrfurilor de consum (între curbele S_{min}; p_{0max} și $p_s = p_i$), fie pentru a nu depăși puterea admisibilă a turbinei (între curbele N_{max} și p_{0max}). Existența stației de reducere este utilă și pentru a asigura continuitatea funcționării conductei în timpul reviziilor turbinei.

4.3. *Regimuri raționale.* Diagramele caracteristice permit conturarea domeniilor de exploatare rațională din diferite puncte de vedere.

Astfel, din punctul de vedere extrem al transportării gazului, este rațional ca presiunea de plecare p_0 să nu depășească sensibil valoarea minimă care poate asigura transportul debitului G cerut de consumator (fig. 11, *a*).

Dacă exploatarea conductei s-ar putea face numai din punctul de vedere al producerii energiei, respectiv a frigului, domeniile de funcțio-

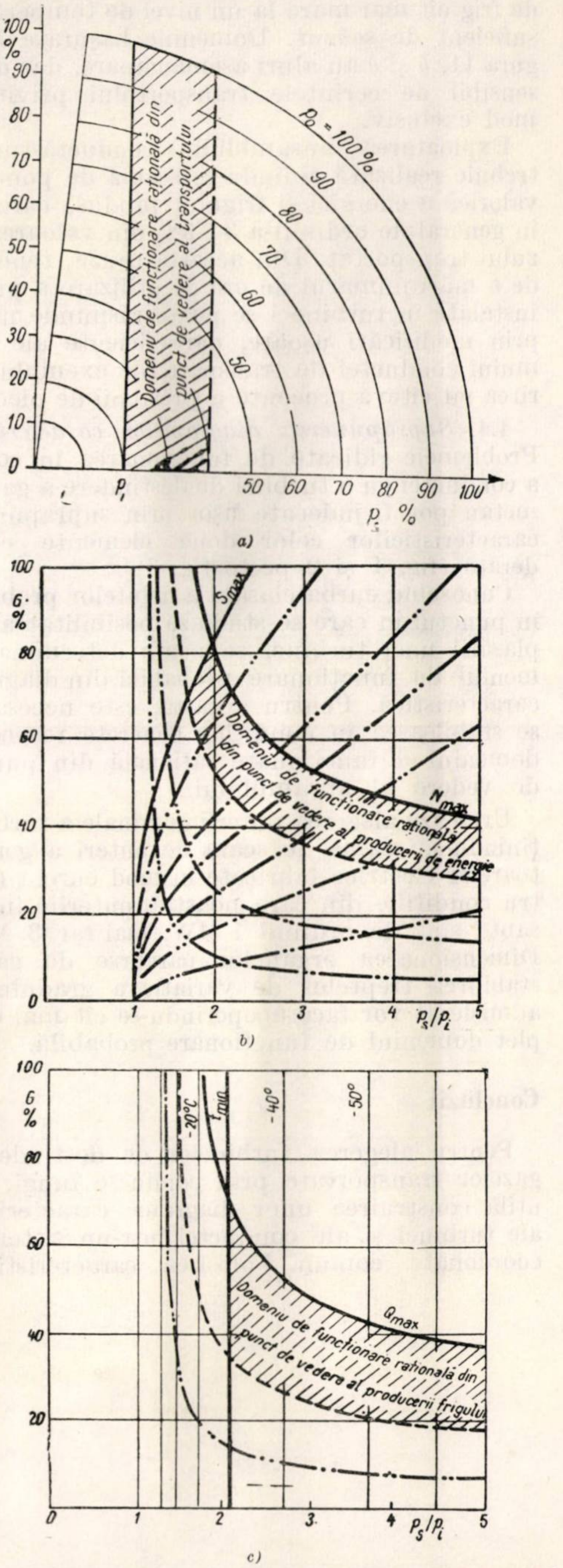


Fig. 11. Domeniile de funcționare rațională din punctul de vedere:

a – al transportului; *b* – al producerii de energie; *c* – al producerii frigului.

nare rațională ar rezulta în caracteristicile turbinei (fig. 11, *b* și *c*) din dezideratul de a obține o putere cît mai mare, respectiv o producție de frig cît mai mare la un nivel de temperatură suficient de scăzut. Domeniile hașurate în figura 11, *b* și *c* au aluri asemănătoare, dar diferă sensibil de cerințele transportului privite în mod exclusiv.

Exploatarea ansamblului conductă-turbină trebuie realizată ținîndu-se seamă de ponderea valorică a energiei și frigului produs, care este în general de ordinul a 3—5% din valoarea gazului transportat. Din această cauză, tendinței de a mări numărul de ore de utilizare a puterii instalate în turbine i se poate răspunde numai prin modificări ușoare, dar eficiente ale regimului conductei de transport (de exemplu mărirea cu cîteva procente a presiunii de plecare).

4.4. *Suprapunerea diagramelor caracteristice.* Problemele ridicate de funcționarea în comun a conductei cu o turbină de destindere a gazului metan pot fi judecate ușor prin suprapunerea caracteristicilor celor două elemente considerate (fig. 1 și 2 peste fig. 3).

Cunoscînd curba clasată a debitelor probabile în punctul în care se studiază posibilitatea amplasării unei turbine, se poate determina domeniul de funcționare probabilă din diagrama caracteristică. Pentru aceasta, este necesar să se stabilească în condițiile concrete respective domeniul de funcționare rațională din punctul de vedere al ansamblului.

Urmează alegerea puterii nominale a turbinei, ținîndu-se seamă de scara de puteri a generatoarelor electrice fabricate în mod curent (pentru condițiile din țara noastră, puterile interesante sînt de ordinul 1 MW, mai rar 3 MW). Dimensionarea organelor parcurse de gaz și stabilirea treptelor de variație a gradului de admisie se vor face acoperindu-se cît mai complet domeniul de funcționare probabilă.

Concluzii

Pentru alegerea turbinelor de destindere a gazelor transportate prin conducte lungi, este utilă construirea unor diagrame caracteristice ale turbinei și ale conductei într-un sistem de coordonate comun. Folosirea caracteristicilor permite formarea unei imagini intuitive asupra influenței diferiților factori de care depinde funcționarea ansamblului și permite aprecierea cantitativă a efectelor modificării lor.

Bibliografie

[1] Kruschik, I. *Die Gasturbine.* Springer, Wien, 1960.

[2] Traupel, W. *Thermische Turbomaschinen.* Springer, 1958; G.E.I., 1961.

[3] Kiefer, P. I., Kinney, G. F. și Stuart, M. C. *Principles of engineering thermodynamics.* John Wiley, 1954.

[4] Katz, D. și Cornell, Kobayashi. *Handbook of natural gas engineering.* McGraw, 1959.

[5] Zarembo, K. S. *Spravocinik po transportu gazov.* Gostoptehizdat, Moskva, 1954.

[6] Vasilescu, C. A., Pimsner, V. și Svoronos, P. *Exploatarea gazelor naturale.* E.A. București, 1962.

[7] Cserveny, I. *Asupra funcționării ansamblului conductă de transport-turbină în regimuri staționare.* În: Studii și cercetări de energetică, XII, nr. 3, 1962.

Notații

g — accelerația gravitației, m/s^2;
l — lungimea conductei, m;
p — presiunea, kg/m^2;
u — viteza periferică, m/s;
D — diametrul conductei, m;
G — debitul, kg/s;
K — constanta de proporționalitate;
N — puterea, kg m/s;
Q — debitul de frig, kg m/s;
R — constanta gazului, kgm/kg°K;
S — secțiunea, m^2;
T — temperatura absolută, °K;
Z — corecția de compresibilitate a gazului;
α — unghiul vitezei absolute cu planul paletajului;
β — unghiul vitezei relative cu planul paletajului;
η — randamentul;
ϑ — coeficientul geometric, m$^{-13/3}$;
$\varkappa$ — exponentul adiabatic;
λ — viteza gazului raportată la cea critică;
π — raportul de compresiune;
ξ — lungimea relativă;
φ — coeficientul de viteză al ajutajului;
ψ — coeficientul de viteză al paletajului.

Indici

0 — starea la începutul conductei;
i — starea nominală în rețeaua de distribuire;
r — gazul rece la ieșirea din turbină;
s — starea la sfîrșitul conductei;
t — turbină;
μ — indice de însumare;
ν — indice de însumare.

Considerarea autotransformatoarelor în calculul pierderilor de putere din rețelele sistemelor electroenergetice

Ing. *FLORIN MANEA* și ing. *SEBASTIAN IONESCU*

Dezvoltarea rețelelor electrice ale sistemelor electroenergetice a impus numeroase preocupări în studiul influenței pierderilor din rețea asupra repartiției optime a sarcinilor.

În cadrul acestei probleme, un rol deosebit îl au autotransformatoarele.

Dacă la calculul regimurilor de funcționare a rețelei, considerarea autotransformatoarelor poate fi apreciată ca o problemă rezolvată, pentru analiza pierderilor de putere literatura tehnică oferă soluții aproximative.

Intențiile unor autori de a efectua în continuare studii de detaliu bazate pe o teorie în mod necesar mai exactă au fost doar menționate [1], [4].

În cele ce urmează se deduce o expresie exactă a pierderilor dintr-o rețea electrică cu autotransformatoare, care poate fi folosită cu ușurință la studiul optimizării repartiției puterilor.

Pe baza metodei tensiunilor nodale aplicate rețelelor cu autotransformatoare pentru care se folosește schema de substituție cu admitanțe [3], se deduc ecuațiile tensiunilor nodurilor ca funcții liniare ale curenților injectați. Se obține apoi expresia pierderilor de putere la care se separă termenii ce modifică forma de exprimare a pierderilor din rețelele fără autotransformatoare. În lucrare se interpretează totodată semnificația unor coeficienți care intervin în relațiile deduse, în vederea determinării lor cu modelul de rețea sau cu ajutorul unui calculator cifric.

Considerăm ca exemplificare cazul unei rețele cu patru noduri ca cea din figura 1.

Ecuațiile tensiunilor nodale, considerînd ca referință neutrul, sînt următoarele:

$$\begin{array}{c|c|c|c||c|}
 & 1 & 2 & 3 & 0 \\
\hline
1 & \underline{Y}_{10}+\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{12} & & -\underline{Y}_{10} \\
\hline
2 & -\underline{Y}_{12} & \underline{Y}_{12}+K^2\,\underline{Y}_{23} & -K\cdot\underline{Y}_{23} & \\
\hline
3 & & -K\cdot\underline{Y}_{23} & \underline{Y}_{23}+\underline{Y}_{30} & -\underline{Y}_{30} \\
\hline\hline
0 & -\underline{Y}_{10} & & -\underline{Y}_{30} & \underline{Y}_{30}+\underline{Y}_{10}
\end{array}\ \bullet$$

$$\bullet\ \begin{array}{c|c|}
1 & \underline{U}_1 \\
\hline
2 & \underline{U}_2 \\
\hline
3 & \underline{U}_3 \\
\hline\hline
0 & \underline{U}_0
\end{array} = \begin{array}{c|c|}
1 & \underline{I}_1 \\
\hline
2 & \underline{I}_2 \\
\hline
3 & \underline{I}_3 \\
\hline\hline
0 & \underline{I}_0
\end{array} \qquad (1)$$

S-a notat prin:

$\underline{Y}_{ij}$ — admitanțele laturilor rețelei;
K — raportul de transformare al autotransformatorului;
$\underline{U}_i$ — tensiunile nodurilor față de pămînt;
$\underline{I}_i$ — curenții injectați în nodurile rețelei.

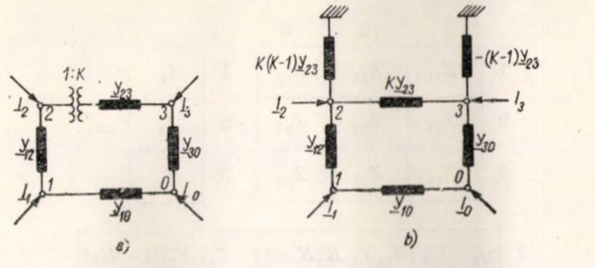


Fig. 1

Admitanțele $\underline{Y}_{22}$ și $\underline{Y}_{33}$ includ și pe cele ale schemei echivalente de substituție a autotransformatorului, conform figurii 1, *b*:

$$\underline{Y}_{22}=\underline{Y}_{12}+K(K-1)\,\underline{Y}_{23}+K\underline{Y}_{23}=\underline{Y}_{12}+K^2\underline{Y}_{23}\,;$$
$$\underline{Y}_{33}=\underline{Y}_{30}+K\underline{Y}_{23}-(K-1)\,\underline{Y}_{23}=\underline{Y}_{30}+\underline{Y}_{23}$$

Problema determinării regimului de tensiuni ale rețelei, dacă se cunosc aproximativ curenții injectați în noduri, nu se pune practic sub forma soluționării sistemului de ecuații anterior (1).

Nivelul general al tensiunilor fiind în acest caz sensibil influențat de valorile curenților injectați, este preferabil să se aleagă un nod *o* cu tensiunea impusă $\underline{U}_0$ (nod de reglaj), și în acest caz valoarea curentului $\underline{I}_0$ injectat în nodul respectiv rezultă pe baza ultimei ecuații a sistemului (1).

Valorile tensiunilor nodale, în raport cu referința $\underline{U}_0$, $\underline{u}_i=\underline{U}_i-\underline{U}_0$, se determină prin rezolvarea sistemului de ecuații (2), obținut din sistemul (1):

$$\begin{array}{c|c|c|c||c|}
 & 1 & 2 & 3 & 0 \\
\hline
1 & \underline{Y}_{10}+\underline{Y}_{12} & -\underline{Y}_{12} & & \\
\hline
2 & -\underline{Y}_{12} & \underline{Y}_{12}+K^2\underline{Y}_{23} & -K\,\underline{Y}_{23} & \\
\hline
3 & & -K\,\underline{Y}_{23} & \underline{Y}_{30}+\underline{Y}_{23} & \\
\hline\hline
0 & -\underline{Y}_{10} & & -\underline{Y}_{13} &
\end{array}\ \bullet$$

$$\bullet\ \begin{array}{c|c|}
1 & \underline{u}_1 \\
\hline
2 & \underline{u}_2 \\
\hline
3 & \underline{u}_3 \\
\hline\hline
0 &
\end{array} = \begin{array}{c|c|}
1 & \underline{I}_1 \\
\hline
2 & \underline{I}_2-\underline{U}_0K(K-1)\,\underline{Y}_{23} \\
\hline
3 & \underline{I}_3-\underline{U}_0\,(1-K)\,\underline{Y}_{23} \\
\hline\hline
0 & \underline{I}_0
\end{array} \equiv \begin{array}{c|c|}
1 & \underline{I}_1 \\
\hline
2 & \underline{I}_2' \\
\hline
3 & \underline{I}_3' \\
\hline\hline
0 & \underline{I}_0
\end{array} \qquad (2)$$

S-au notat prin $\underline{I}'_2$ și $\underline{I}'_3$ curenții rezultanți injectați în nodurile adiacente autrotransformatorului (după ce s-au scăzut curenții proveniți din ramurile spre pămînt ale schemei echivalente în π la tensiunea $\underline{U}_0$).

Sistemul (2), după înlăturarea ultimei linii, are în acest fel forma uzuală a ecuațiilor tensiunilor nodale din cazul rețelelor fără autotransformator : $[\underline{Y}].[\underline{u}] = [\underline{I}']$.

Sistemul invers de ecuații, de forma $[\underline{u}] = [\underline{Z}].[\underline{I}']$, unde $[\underline{Z}]$ este matricea impedanțelor (inversa matricei $[\underline{Y}]$), se scire explicit, precum urmează :

$$\begin{array}{c|c|c|c|} & 1 & 2 & 3 \\ \hline 1 & \underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12} & \underline{Z}_{13} \\ \hline 2 & \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22} & \underline{Z}_{23} \\ \hline 3 & \underline{Z}_{31} & \underline{Z}_{32} & \underline{Z}_{33} \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{c|c|} 1 & \underline{I}_1 \\ \hline 2 & \underline{I}_2 \\ \hline 3 & \underline{I}_3 \\ \end{array} =$$

$$= \begin{array}{c|c|} 1 & \underline{u}_1 + \underline{U}_0\,[\underline{Z}_{12}\underline{Y}_{23}K(K-1)+\underline{Z}_{13}\,\underline{Y}_{23}(1-K)] \\ \hline 2 & \underline{u}_2 + \underline{U}_0\,[\underline{Z}_{22}\underline{Y}_{23}K(K-1)+\underline{Z}_{23}\underline{Y}_{23}(1-K)] \\ \hline 3 & \underline{u}_3 + \underline{U}_0\,[\underline{Z}_{32}\underline{Y}_{23}K(K-1)+\underline{Z}_{33}\,\underline{Y}_{23}(1-K] \\ \end{array} \equiv$$

$$\equiv \begin{array}{c|c|} 1 & \underline{u}_1 + \underline{\lambda}_1 \cdot \underline{U}_0 \\ \hline 2 & \underline{u}_2 + \underline{\lambda}_2 \cdot \underline{U}_0 \\ \hline 3 & \underline{u}_3 + \underline{\lambda}_3 \cdot \underline{U}_0 \\ \end{array} \equiv \begin{array}{|c|} \underline{U}_1-(1-\underline{\lambda}_1)\,\underline{U}_0 \\ \hline \underline{U}_2-(1-\underline{\lambda}_2)\,\underline{U}_0 \\ \hline \underline{U}_3-(1-\underline{\lambda}_3)\,\underline{U}_0 \\ \end{array} \equiv \begin{array}{|c|} \underline{U}_1-\underline{t}_1\ \underline{U}_0 \\ \hline \underline{U}_2-\underline{t}_2\cdot\underline{U}_0 \\ \hline \underline{U}_3-\underline{t}_3\cdot\underline{U}_0 \\ \end{array} \quad (3)$$

Determinarea practică a coeficienților de forma $\underline{\lambda}_1 = \underline{Z}_{12}\,\underline{Y}_{23}K(K-1)+\underline{Z}_{13}\underline{Y}_{23}(1-K)$ rezultă simplu, pe baza ecuațiilor anterioare. Dacă se conectează la nul nodul de echilibru, $U_0 = 0$, $\underline{Z}_{12}$ și $\underline{Z}_{13}$ sînt egale numeric cu tensiunile nodurilor al doilea, respectiv al treilea, cînd în nodul întîi se injectează un curent unitate. În aceste condiții, $\underline{\lambda}_1$ va fi curentul consumat de ramurile schemei echivalente în π, conectate la nul, ale autotransformatorului.

Curentul prin nodul de referință va avea valoarea $\underline{t}_1 = 1-\underline{\lambda}_1$, trebuind să echilibreze curentul impus (unitate) și cel din ramurile schemei echivalente ale autotransformatorului.

Ecuații de forma (3) au fost deduse [1] pe o cale mai greoaie, conținînd totodată coeficienți mai dificil de interpretat și de folosit în calcule.

Pierderile de putere aparentă $\Delta\underline{S}$ în rețeaua dată (fig. 1, *a*) rezultă din ecuația de conservare a puterilor, ca fiind determinate de relația :

$$\begin{aligned} \Delta\underline{S} &= \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^{*} + \underline{U}_2 \cdot \underline{I}_2^{*} + \underline{U}_3 \cdot \underline{I}_3^{*} + \underline{U}_0 \cdot \underline{I}_0^{*} \equiv \\ &\equiv (\underline{U}_1 - \underline{U}_0)\cdot\underline{I}_1^{*} + (\underline{U}_2-\underline{U}_0)\cdot\underline{I}_2^{*} + (\underline{U}_3-\underline{U}_0)\cdot\underline{I}_3^{*} + \\ &+ \underline{U}_0(\underline{I}_0^{*}+\underline{I}_1^{*}+\underline{I}_2^{*}+\underline{I}_3^{*}) \equiv \underline{u}_1\cdot\underline{I}_1^{*} + \underline{u}_2\cdot\underline{I}_2^{*} + \underline{u}_3\cdot\underline{I}_3^{*} + \\ &+ \underline{U}_0\,(\underline{I}_0^{*} + \underline{I}_1^{*} + \underline{I}_2^{*} + \underline{I}_3^{*}). \end{aligned}$$

Dacă se substituie tensiunile $\underline{u}_i$ din ecuațiile (3), rezultă următoarea expresie a pierderilor de putere aparentă :

$$\Delta\underline{S} = [\underline{I}]_t \cdot [\underline{Z}]_t \cdot [\underline{I}]^{*} + \underline{U}_0(\underline{t}_1\cdot\underline{I}_1^{*} + \underline{t}_2\cdot\underline{I}_2^{*} + \underline{t}_3\cdot\underline{I}_3^{*} + \underline{I}_0^{*}) \qquad (4)$$

Indicele t s-a atașat matricelor respective (4) pentru a indica transpusele corespunzătoare.

Expresia diferă de cea uzuală din cazul absenței autotransformatorului prin termenii suplimentari, funcții liniare ale curenților injectați.

Termenii suplimentari însumați dau o oarecare contribuție considerată într-o primă aproximație neglijabilă [1] la determinarea pierderilor de putere.

La studiul repartiției economice a puterilor în ipoteza sarcinilor „conforme”, prezintă avantaje posibilitatea neglijării termenilor suplimentari [2].

Relația (4) poate fi generalizată cu ușurință la rețele oricît de complexe.

Pentru sistemele cu multe autotransformatoare și în special cînd rapoartele de transformare sînt mari, o teorie mai exactă pentru calculul pierderilor a fost considerată [1] însă ca o necesitate viitoare.

Deoarece valoarea tensiunii nodului de referință $\underline{U}_0$ este impusă, curentul $\underline{I}_0$ rezultă din ecuația de echilibru a curenților în nodul respectiv (ultima ecuație din (2)) :

$$\begin{aligned} -\underline{I}_0 = \underline{u}_1 \cdot \underline{Y}_{10} + \underline{u}_3 \cdot \underline{Y}_{30} &= (\underline{Z}_{11} \cdot \underline{Y}_{10} + \\ + \underline{Z}_{31}\cdot\underline{Y}_{30})\cdot\underline{I}_1 &+ (\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Y}_{10} + \underline{Z}_{32}\cdot\underline{Y}_{30})\,\underline{I}_2 + \\ + (\underline{Z}_{13}\cdot\underline{Y}_{10} + \underline{Z}_{33}\cdot\underline{Y}_{30})\cdot\underline{I}_3 &- \underline{U}_0(\underline{Y}_{10}\cdot\underline{\lambda}_1 + \underline{Y}_{30}\cdot\underline{\lambda}_3). \end{aligned}$$

Dacă se are în vedere semnificația impedanțelor proprii și reciproce, precum și aceea a termenilor $\underline{\lambda}$, rezultă relațiile :

$$\underline{Z}_{11}\cdot\underline{Y}_{10} + \underline{Z}_{31}\cdot\underline{Y}_{30} = 1 - \underline{\lambda}_1 = \underline{t}_1$$

$$\underline{Z}_{12}\cdot\underline{Y}_{10} + \underline{Z}_{32}\cdot\underline{Y}_{30} = 1 - \underline{\lambda}_2 = \underline{t}_2$$

$$\underline{Z}_{13}\cdot\underline{Y}_{10} + \underline{Z}_{33}\cdot\underline{Y}_{30} = 1 - \underline{\lambda}_3 = \underline{t}_3.$$

Prin urmare, expresia curentului $\underline{I}_0$ va lua forma următoare :

$$\underline{I}_0 = -\underline{t}_1\cdot\underline{I}_1 - \underline{t}_2\cdot\underline{I}_2 - \underline{t}_3\cdot\underline{I}_3 + \underline{U}_0(\underline{Y}_{10}\cdot\underline{\lambda}_1 + \underline{Y}_{30}\cdot\underline{\lambda}_3).$$

Substituind expresia curentului $\underline{I}_0^{*}$ în ecuația (4) a pierderilor de putere aparentă, rezultă următoarea relație :

$$\begin{aligned} \Delta\underline{S} = [\underline{I}]_t \cdot [\underline{Z}]_t \cdot [\underline{I}]^{*} &+ \underline{U}_0(\underline{\lambda}_1^{*} - \underline{\lambda}_1)\cdot\underline{I}_1^{*} + \\ + \underline{U}_0(\underline{\lambda}_2^{*} - \underline{\lambda}_2)\cdot\underline{I}_2^{*} &+ \underline{U}_0(\underline{\lambda}_3^{*} - \underline{\lambda}_3)\,\underline{I}_3^{*} + \\ &+ \underline{U}_0^2(\underline{Y}_{10}^{*}\cdot\underline{\lambda}_1^{*} + \underline{Y}_{30}^{*}\cdot\underline{\lambda}_3^{*}). \qquad (5) \end{aligned}$$

Această expresie diferă ca formă de (4) prin termenul constant suplimentar. Totodată, ea conține numai variabile independente.

Partea reală a expresiei pierderilor de putere aparentă ne oferă pierderile de putere activă exprimate în funcţie de curenţii injectaţi (cu excepţia celui din puntul de echilibru).

Atît expresia (4) cît şi (5) conţin termeni suplimentari, deoarece ele au fost obţinute pe baza ecuaţiilor de calcul al regimului reţelei cu autotransformator, impunînd o valoare tensiunii nodului de referinţă.

O expresie mai simplă a pierderilor de puteri fără termeni suplimentari se poate obţine direct din sistemul de ecuaţii iniţial (1).

Într-adevăr, pe baza ecuaţiei de conservare a puterilor unei reţele de tipul celei din figura 1, *a*, pierderile de puteri se pot exprima astfel :

$$\Delta \underline{\underline{S}} = [\underline{U}^{\circ}] \cdot [\underline{I}^{\circ}]^{\star} = [\underline{I}^{\circ}]_t \cdot [\underline{\underline{Z}}^{\circ}]_t \cdot [\underline{I}^{\circ}]^{\star}. \qquad (6)$$

Matricele-tensiune faţă de nul $[\underline{U}^{\circ}]$ şi curent injectat în noduri $[\underline{I}^{\circ}]$ (6) vor conţine şi mărimile corespunzătoare ale nodului de reglaj *o*, iar matricea $[\underline{\underline{Z}}^{\circ}]$ va reprezenta inversa matricei $[\underline{\underline{Y}}^{\circ}]$ complete a sistemului ecuaţiilor tensiunilor nodale (1).

Dacă dificultatea determinării matricei complete $[\underline{\underline{Z}}^{\circ}]$ nu este esenţială în raport cu aceea a matricei reduse (cu un rînd şi o coloană corespunzătoare eliminării nodului de reglaj şi referinţă), exprimarea pierderilor de putere în vederea luării lor în considerare la studiul repartiţiei optime a puterilor între centrale nu mai constituie teoretic şi practic o problemă de rezolvat în cazul reţelelor cu autotransformatoare.

Simplificarea problemei în ipoteza sarcinilor conforme se va face ca şi în cazul reţelelor fără autotransformatoare, fără dificultăţi sau aproximaţii suplimentare.

Concluzii

1. În lucrare s-au obţinut expresii ale pierderilor de putere din reţelele cu autotransformatoare pe o cale mai simplă ca cele dezvoltate în literatura tehnică. S-au folosit şi s-au interpretat coeficienţii ce pot fi determinaţi uşor cu ajutorul modelului de reţea sau la calculatorul cifric.
2. Se poate folosi o matrice a impedanţelor cu ajutorul căreia pierderile de putere din reţelele cu autotransformatoare să aibă aceeaşi expresie (fără termeni suplimentari), şi în cazul reţelelor fără autotransformatoare.
3. Expresiile (4), (5) sau (6) se pot folosi la calculul repartiţiei optime a puterilor, cu luarea în considerare a pierderilor din reţele pentru diverse ipoteze şi moduri de a pune problema.

Bibliografie

[1] Kron, G. *Tensorial Analysis of Integrated Transmission System*. Part II : *Off. Nominal turn ratios*. Tranactions AIEE, part. III, ian 1952, p.505.

[2] Kirchmayer, L. K. *Economic operation of power systems*. J. Wiley, 1958.

[3] Azariev, D. I. Matematiceskoe modelirovanie elektriceskih sistem. G.E.I. 1962.

[4 Kirchmayer, L. K., Happ, H., Stagg, G. şi Hohenstein, J. *Direct Calculation of Transmission Loss Formula*. Power Apparatus and Systems, dec. 1960, p. 962.

Metodă de calcul pentru determinarea deplasării neutrului în reţelele prevăzute cu bobină de stingere

Conf. ing. *H. LAZĂR* şi ing. *P. BUHUŞ*

Cuplarea unei bobine de stingere acordată la rezonanţă, la neutrul unei reţele nesimetrice, are drept consecinţă apariţia unei tensiuni între neutrul reţelei şi pămînt.

Apariţia tensiunii între neutru şi pămînt, şi deci dezechilibrarea tensiunilor pe faze, este însoţită de o serie de inconveniente, dintre care se pot cita :

1. Funcţionarea vreme îndelungată a reţelelor cu tensiunea între unele faze şi pămînt superioară tensiunii normale pe fază.
2. Posibilitatea funcţionării greşite a protecţiei împotriva punerilor la pămînt monofazate.
3. Personalul de exploatare este dezorientat de dezechilibrul tensiunilor pe faze.
4. Apar pierderi suplimentare determinate de circulaţia curenţilor în conturul de rezonanţă format din bobină şi reţea etc.

Un mijloc efectiv pentru a micşora această deplasare a neutrului constă în a dezacorda bobina.

Funcţionarea cu bobina dezacordată — fiind în contrazicere cu principiul pe baza căruia aceasta este utilizată — se reflectă negativ asupra calităţilor ei de protecţie.

În principal, funcţionarea cu bobina dezacordată duce la creşterea curentului remanent de punere la pămînt, la mărirea vitezei de revenire a tensiunii pe faza avariată, la creşterea amplitudinii acesteia din urmă*.

---

* Într-o lucrare prezentată la sesiunea ştiinţifică a cadrelor didactice din I.P.B. în 1960 s-a arătat care este influenţa gradului de dezacordare a bobinei asupra calităţilor de protecţie a acesteia.

Efectele negative enumerate se accentuează o dată cu creșterea gradului de dezacordare a bobinei.

Urmează că, pentru fiecare rețea în parte, trebuie căutat gradul de dezacordare corespunzător care, pe de o parte, să conducă la limitarea tensiunii între neutru și pămînt, iar pe de altă parte să nu afecteze calitățile de stingere ale bobinei.

Pentru aceasta este necesară cunoașterea, în prealabil, a modului de variație a tensiunii între neutru și pămînt și a tensiunilor pe faze în funcție de gradul de dezacordare a bobinei.

În lucrare se prezintă o relație — mai generală decît cele întîlnite pînă în prezent în literatură — care permite să se determine variația tensiunii neutrului în funcție de gradul de dezacordare a bobinei.

Această relație a servit la elaborarea unei metode grafo-analitice pentru determinarea tensiunii neutrului din cazurile cele mai generale și cu un volum de muncă redus.

Metoda analitică

Într-o rețea simetrică ($y_1 = y_2 = y_3$) cu neutrul izolat, tensiunea între neutru și pămînt este egală cu zero.

Situația se schimbă dacă rețeaua considerată prezintă un oarecare grad de nesimetrie. În acest caz, tensiunea între neutrul rețelei și pămînt este diferită de zero și capătă valoarea dată de relația:

$$\overline{U}_0 = \frac{\overline{U}_1 \overline{y}_1 + \overline{U}_2 \overline{y}_2 + \overline{U}_3 \overline{y}_3}{\overline{y}_1 + \overline{y}_2 + \overline{y}_3}. \tag{1}$$

Această tensiune, notată cu $\overline{U}_0$, o vom numi *tensiune de nesimetrie.*

Admitanțele fazelor în raport cu pămîntul pot fi scrise sub următoarea formă:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= g_1 + jb_1 = b_1\left(\frac{g_1}{b_1} + j\right) = b_1 (v_1 + j) \\ y_2 &= g_2 + jb_2 = b_2\left(\frac{g_2}{b_2} + j\right) = b_2 (v_2 + j) \\ y_3 &= g_3 + jb_3 = b_3\left(\frac{g_3}{b_3} + j\right) = b_3 (v_3 + j), \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

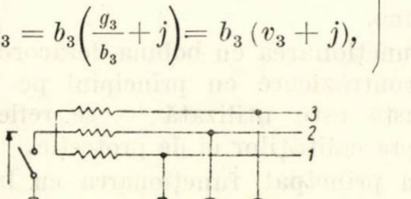


Fig. 1.

unde v reprezintă raportul dintre perditanță și susceptanță, respectiv raportul dintre componenta activă și componenta reactivă a curentului transversal din rețea.

În continuare se va arăta că în calcule se poate considera:

$$v_1 + j = v_2 + j = v_3 + j = v + j. \tag{3}$$

a) Se știe că admitanțele y dintre faze și pămînt (fig. 2) conțin surse de pierderi active, și anume:

— curenții activi care se scurg pe suprafața izolatoarelor de susținere a conductoarelor și care se reflectă în schemă prin rezistența r, în paralel cu capacitatea C;

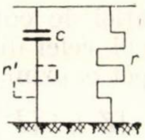


Fig. 2

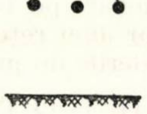


Fig. 3

— pierderile în dielectric, în care se includ și pierderile prin efect corona, simbolizate prin rezistența r' în serie cu capacitatea C; deoarece la rețelele pînă la 35 kV inclusiv aceste pierderi sînt foarte mici, de regulă ele se neglijează [1], ceea ce permite ca în calculul de mai jos să nu se ia în considerație rezistența r'.

În acest caz, relațiile (2) pot fi scrise și sub forma:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= b_1 (v_1 + j) = \omega\, C_1 \left(\frac{1}{r_1\, \omega\, C_1} + j\right) \\ y_2 &= b_2 (v_2 + j) = \omega\, C_2 \left(\frac{1}{r_2\, \omega\, C_2} + j\right) \\ y_3 &= b_3 (v_3 + j) = \omega\, C_3 \left(\frac{1}{r_3\, \omega\, C_3} + j\right) \end{aligned}\right\} \tag{2'}$$

b) Presupunem cazul frecvent al unei linii cu conductoarele dispuse ca în figura 3.

Pentru un astfel de coronament, capacitățile față de pămînt ale fazelor *1* și *3* sînt egale între ele și mai mari decît capacitatea fazei 2.

Deoarece

$$r_1 = r_2 = r_3 \text{ și } C_1 > C_2,$$

reiese că:

$$v_1 = v_3 < v_2.$$

Pentru liniile de medie tensiune cu coronamentul considerat, diferența între C_1 și C_2 este de circa 10%.

Se va considera deci:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{C_2}{C_1} = 0{,}9.$$

Din literatura de specialitate [2] reiese că raportul v între componenta activă a curentului transversal este cuprins între valorile 0,02 . . . 0,08. Valorile mai mici se referă la rețelele aeriene de tensiune mai înaltă.

Pentru rețelele de tensiune medie, de care se ocupă lucrarea de față, se pot admite valorile 0,04 ...0,05.

În consecință, considerînd $v_1 = v_3 = 0{,}05$, rezultă:

$$v_2 = \frac{1}{0{,}9} \cdot v_1 = \frac{1}{0{,}9} \cdot 0{,}05 = 0{,}0555.$$

Prin urmare:

$$v_1 + j = \sqrt{v_1^2 + 1}\, e^{j\,\mathrm{arc.\,tg}\frac{1}{v_1}} =$$

$$= \sqrt{0{,}05^2 + 1}\, e^{j\,\mathrm{arc.\,tg}\frac{1}{0{,}05}} = e^{j\,87^\circ 10'}$$

$$v_2 + j = \sqrt{v_2^2 + 1}\, e^{j\,\mathrm{arc.\,tg}\frac{1}{v_2}} =$$

$$= \sqrt{0{,}0555^2 + 1}\, e^{j\,\mathrm{arc.\,tg}\frac{1}{0{,}0555}} = e^{j\,86^\circ 50'}.$$

Modulele fiind practic egale, iar argumentele diferind numai cu 20′, se justifică utilizarea relației (3) în calculele ce urmează.

c) În mod obișnuit, rețelele de medie tensiune prezintă un grad de disimetrie mai mic decît cel luat în considerare mai sus, ceea ce conduce la diferențe de unghi și mai reduse.

În consecință, relațiile (2′) mai pot fi scrise și sub forma:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= C_1 (v + j) \\ y_2 &= C_2 (v + j) \\ y_3 &= C_3 (v + j) \end{aligned}\right\} \qquad (2'')$$

Introducînd în continuare valorile admitanțelor din relațiile (2″) în relația (1) și luînd drept origine de fază tensiunea pe faza *1*, se obține expresia tensiunii de nesimetrie sub forma:

$$\overline{U}_0 = \overline{U}_1 \frac{C_1 + a^2 C_2 + a C_3}{C_1 + C_2 + C_3}. \qquad (4)$$

Împărțind numărătorul și numitorul expresiei de mai sus cu C_1 și notînd rapoartele:

$$\frac{C_2}{C_1} = m_2 \quad \text{și} \quad \frac{C_3}{C_1} = m_3$$

pentru tensiunea de nesimetrie se obține expresia:

$$\overline{U}_0 = \overline{U}_1 \frac{1 + a^2 m_2 + a m_3}{1 + m_2 + m_3} \qquad (4')$$

Se alege drept faza *1* faza care are capacitatea cea mai mare în raport cu pămîntul pentru ca rapoartele m să rezulte subunitare.

În literatura de specialitate [2, 5] se găsește și o diagramă (fig. 4) cu ajutorul căreia, cunoscînd rapoartele m_2 și m_3, se poate obține vectorul tensiunii de nesimetrie:

$$\overline{U}_0 = U_1\, e^{j\delta}, \qquad (4'')$$

unde δ este unghiul de decalaj între $\overline{U}_0$ și $\overline{U}_1$.

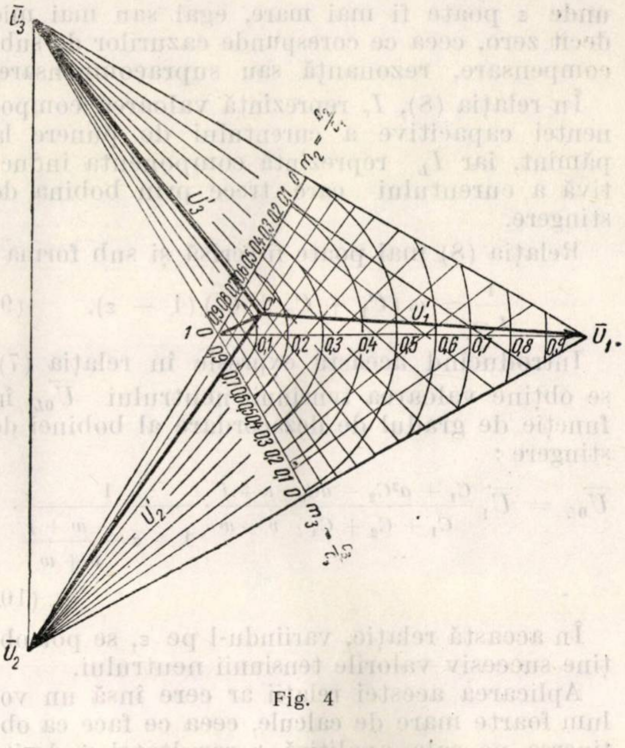


Fig. 4

Dacă, în condițiile existenței tensiunii de nesimetrie, se conectează bobina de stingere, tensiunea între neutru și pămînt ia valoarea:

$$\overline{U}_{0L} = \frac{\overline{U}_1 \bar{y}_1 + \overline{U}_2 \bar{y}_2 + \overline{U}_3 \bar{y}_3}{\bar{y}_1 + \bar{y}_2 + \bar{y}_3 + \bar{y}_L}. \qquad (5)$$

Această tensiune notată cu U_{0L} o vom numi *tensiunea neutrului.*

În mod analog cu notația adoptată pentru admitanțele liniilor, pentru bobină se poate scrie:

$$\bar{y}_L = g_L - j b_L = b_L \left(\frac{g_L}{b_L} - j \right) = \frac{1}{L\omega} (w - j). \qquad (6)$$

În această relație, w reprezintă raportul dintre componentele activă și reactivă ale curentului care trece prin bobină. Valoarea acestui raport depinde de tipul de bobină utilizat și este cuprinsă între limitele $w = 0{,}01 \ldots 0{,}02$ [1, 2].

Introducînd în relația (5) valorile admitanțelor din relațiile (2″) și (6), pentru tensiunea neutrului, se obține expresia:

$$\overline{U}_{0L} = \overline{U}_1 \frac{(\omega C_1 + a^2 \omega C_2 + a \omega C_3)(v + j)}{(C_1 + C_2 + C_3)(v + j) + \frac{1}{L\omega}(w - j)}. \qquad (7)$$

Bobina poate să fie acordată la rezonanță sau să fie dezacordată.

Dezacordarea bobinei se apreciază prin *gradul de dezacordare* ε, care are expresia :

$$\varepsilon = \frac{I_c - I_L}{I_c} = \frac{\omega\,(C_1 + C_2 + C_3) - \dfrac{1}{L\omega}}{\omega\,(C_1 + C_2 + C_3)}, \qquad (8)$$

unde ε poate fi mai mare, egal sau mai mic decît zero, ceea ce corespunde cazurilor de subcompensare, rezonanță sau supracompensare.

În relația (8), I_c reprezintă valoarea componentei capacitive a curentului de punere la pămînt, iar I_L reprezintă componenta inductivă a curentului care trece prin bobina de stingere.

Relația (8) mai poate fi scrisă și sub forma :

$$\frac{1}{L\omega} = \omega\,(C_1 + C_2 + C_3)\,(1 - \varepsilon). \qquad (9)$$

Introducînd această expresie în relația (7), se obține valoarea tensiunii neutrului $\overline{U}_{0L}$ în funcție de gradul de dezacordare al bobinei de stingere :

$$\overline{U}_{0L} = \overline{U}_1\,\frac{C_1 + a^2C_2 + aC_3}{C_1 + C_2 + C_3}\cdot\frac{v + j}{v + w}\cdot\frac{1}{1 + \varepsilon\,\dfrac{-w + j}{v + w}}. \qquad (10)$$

În această relație, variindu-l pe ε, se pot obține succesiv valorile tensiunii neutrului.

Aplicarea acestei relații ar cere însă un volum foarte mare de calcule, ceea ce face ca obținerea pe cale analitică a rezultatelor dorite să fie incomodă.

Metoda grafo-analitică

Pornind de la relația (10) obținută, s-a elaborat o metodă grafo-analitică care permite determinarea variației tensiunii neutrului $\overline{U}_{0L}$ în funcție de gradul de dezacordare ε, cu un volum de muncă mult mai redus.

Dacă se presupune bobina acordată la rezonanță (ε = 0), relația (10) devine :

$$\overline{U}_{0L(\varepsilon=0)} = \overline{U}_1\,\frac{C_1 + a^2C_2 + aC_3}{C_1 + C_2 + C_3}\cdot\frac{v + j}{v + w}. \qquad (11)$$

Ținînd seamă de relațiile (4) și (4″), se mai poate scrie :

$$\overline{U}_{0L(\varepsilon=0)} = \overline{U}_0\cdot\overline{K} = U_0K\cdot e^{j(\delta+\gamma)} = \frac{U_0}{a}\,e^{j(\delta+\gamma)} \qquad (12)$$

unde :

$$\overline{K} = \frac{v + j}{v + w}$$

$$K = \frac{\sqrt{v^2 + 1}}{v + w} \simeq \frac{1}{v + w} = \frac{1}{a}\,{}^{\star}$$

$$a = v + w \qquad (13)$$

$$\gamma = \text{arc tg}\,\frac{1}{v} \qquad (14)$$

În literatura de specialitate, *a* poartă numele de *amortizarea rețelei*, valoarea lui variind în funcție de tensiunea rețelei, tipul bobinei etc.

Prin urmare, tensiunea neutrului $\overline{U}_{0L(\varepsilon=0)}$, pentru cazul bobinei acordate la rezonanță, se poate obține înmulțind vectorul tensiunii de nesimetrie $\overline{U}_0$ cu scalarul $K = \dfrac{1}{a}$ și rotindu-l cu unghiul γ (fig. 4).

Revenind acum la expresia generală (10) pentru tensiunea neutrului, aceasta poate fi scrisă sub forma :

$$\overline{U}_{0L} = \frac{\overline{U}_{0L(\varepsilon=0)}}{1 + \varepsilon\,\dfrac{-w + j}{v + w}} = \frac{U_{0L(\varepsilon=0)}\,e^{j(\delta+\gamma)}}{1 + \varepsilon N\,e^{j(-\theta)}}, \qquad (15)$$

unde :

$$N = \frac{\sqrt{1 + w^2}}{v + w} \simeq \frac{1}{v + w} = \frac{1}{a}$$

$$\theta = \text{arc tg}\,\frac{1}{w}, \qquad (16)$$

iar

$$U_{0L(\varepsilon=0)} = \frac{U_0}{a} \qquad (17)$$

$$\overline{U}_{0L} = \frac{aU_{0L(\varepsilon=0)}}{a e^{-j(\delta+\gamma)} + \varepsilon\,e^{-j(\theta+\delta+\gamma)}} = \frac{aU_{0L(\varepsilon=0)}}{\overline{D}}. \qquad (18)$$

Deoarece numitorul expresiei (18)

$$\overline{D} = a\,e^{-j(\delta+\gamma)} + \varepsilon\,e^{-j(\theta+\delta+\gamma)} \qquad (19)$$

reprezintă ecuația unei drepte, locul geometric al vîrfurilor vectorului $\overline{U}_{0L}$ îl putem considera ca rezultatul inversiunii acestei drepte, în raport cu originea axelor de coordonate, cu o putere de inversiune egală cu $a\,U_{0L(\varepsilon=0)}$.

Rezultatul inversiunii în plan complex a unei drepte care nu trece prin centrul de inversiune este un cerc care trece prin centrul de inversiune. Centrul acestui cerc se găsește pe perpendiculare *P* ridicată din centrul de inversiune pe conjugata $\widetilde{D}$ a dreptei $\overline{D}$ în raport cu axa numerelor reale (fig. 5).

Deoarece segmentul de dreaptă *OA*, corespunzător vectorului $\overline{U}_{0L(\varepsilon=0)}$, reprezintă o coardă a cercului considerat, intersecția *C* dintre perpendiculara ridicată de la jumătatea acestui segment de dreaptă și dreapta *P* reprezintă tocmai centrul cercului căutat. Din punctul *C*, ca centru, se construiește cercul cu raza *OC*. Pe dreapta *D* se marchează valorile lui ε la aceeași scară cu scara tensiunilor. Pentru un grad de dezacordare oarecare ε, tensiunea neutrului $\overline{U}_{0L}$ se obține trasîndu-se un seg-

---

⋆ Deoarece $v = 0{,}02 - 0{,}08$, rezultă că $\sqrt{1 + v^2} \simeq 1$.

ment care leagă originea axelor de coordonate cu punctul corespunzător de pe circumferință. Este însă foarte greu de realizat o determinare grafică exactă a centrului cercului C prin coborîrea unei perpendiculare din mijlocul lui

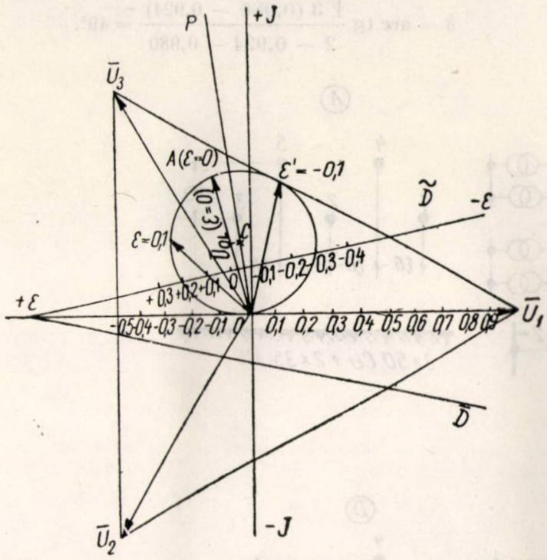


Fig. 5

$U_{0L(\varepsilon=0)}$ pe dreapta P, deoarece unghiul dintre dreptele considerate, egal cu $90° - \theta$, are valori de ordinul zecilor de minute. Pe desen cele două drepte apar aproape confundate.

Știind că centrul cercului se află pe perpendiculara P și că circumferința va trece prin origine, centrul C se figurează ușor dacă se mai determină mărimea diametrului.

$U_{0L\,max}$ reprezintă tocmai diametrul care trece prin origine. Valoarea lui se obține plecînd de la expresia modulului tensiunii din relația (18):

$$U_{0L} = \frac{a\,U_{0L(\varepsilon=0)}}{\sqrt{[a\cdot\cos(\delta+\gamma) + \varepsilon\cos(\theta+\delta+\gamma)]^2 + [a\cdot\sin(\delta+\gamma) + \varepsilon\sin(\theta+\delta+\gamma)]^2}} =$$

$$= \frac{aU_{0L(\varepsilon=0)}}{\sqrt{a^2+\varepsilon^2+2a\varepsilon\,[\cos(\delta+\gamma)\cos(\theta+\delta+\gamma)+\sin(\delta+\gamma)\sin(\theta+\delta+\gamma)]}} =$$

$$= \frac{aU_{0L(\varepsilon=0)}}{\sqrt{a^2+\varepsilon^2+2a\varepsilon\cos\theta}}.$$

Gradul de dezacordare ε, pentru care are loc maximul căutat, rezultă:

$$\frac{dU_{0L}}{d\varepsilon} = -\,aU_{0L(\varepsilon=0)}\,\frac{(\varepsilon + a\cos\theta)}{(a^2+\varepsilon^2+2a^2\varepsilon\cos\theta)^{3/2}} = 0$$

$$\varepsilon = -\,a\cos\theta. \qquad (20)$$

Valoarea maximă a tensiunii neutrului:

$$U_{0L\,max} = \frac{aU_{0L(\varepsilon=0)}}{\sqrt{a^2+a^2\cos^2\theta - 2a^2\cos^2\theta}} = \frac{U_{0L(\varepsilon=0)}}{\sin\theta}. \quad (21)$$

În concluzie, succesiunea etapelor metodei grafo-analitice propuse va fi:

1. Se determină mărimile necesare pentru calcul

$$m_2 = \frac{C_2}{C_1} \quad m_3 = \frac{C_3}{C_1} \quad a = v + w$$

$$\gamma = \text{arc tg}\,\frac{1}{v} \quad \theta = \text{arc tg}\,\frac{1}{w}$$

$$U_{0L(\varepsilon=0)} = U_f\,\frac{\sqrt{(2-m_2-m_3)^2+3\,(m_3-m_2)^2}}{2a\,(1+m_2+m_3)}$$

$$\delta = \text{arc tg}\,\frac{\sqrt{3}\,(m_3-m_2)}{2-m_2-m_3}.$$

$U_{0L(\varepsilon=0)}$ și δ se mai pot obține și pe cale grafică folosind diagrama din figura 4.

2. Alegînd o scară convenabilă, se trasează dreapta

$$\tilde{D} = a e^{j(\delta+\gamma)} + \varepsilon\, e^{j(\theta+\delta+\gamma)}.$$

Valoarea și sensul unghiului pe care îl face dreapta conjugată în punctul de intersecție cu axa se pot calcula folosind relația:

$$\alpha = \theta + \delta + \gamma - 180°. \qquad (22)$$

3. Folosind dreapta $\tilde{D}$ ca axă pentru gradul de dezacordare ε, se face în continuare gradarea acesteia. Intersecția dintre $\tilde{D}$ și direcția lui $U_{0L(\varepsilon=0)}$, determinată de unghiul $\delta + \gamma$, corespunde punctului $\varepsilon = 0$.

4. Se trasează perpendiculara P unind originea cu punctul $\varepsilon = -z\cos\theta$, sau determinînd valoarea și sensul unghiului pe care P îl face cu axa reală:

$$\beta = \alpha + 90°. \qquad (23)$$

5. Cu ajutorul relației (21) se calculează mărimea diametrului egală cu $U_{0L\,max}$, se marchează centrul C și se trasează cercul care trece prin origine.

6. Folosind diagrama obținută, se poate trasa, pentru rețeaua considerată, curba de variație a tensiunii neutrului în funcție de gradul de dezacordare a bobinei ε.

Exemplu de calcul

Calculul capacităților fazelor față de pămînt, pentru o rețea de 35 kV avînd configurația și coronamentele din figura 6, a condus la rezultatele sintetizate în tabela 1 [1, 3, 4].

În continuare se aplică metodica propusă.

1. Mărimile necesare pentru calcul :
Se adoptă $v = 0{,}04$ și $w = 0{,}02$.

$$m_2 = \frac{393{,}54}{425{,}74} = 0{,}924\,;\ m_3 = \frac{416{,}78}{425{,}74} = 0{,}980\,;$$

$$a = 0{,}04 + 0{,}02 = 0{,}06\,;$$

$$\gamma = \operatorname{arc\,tg} \frac{1}{0{,}04} = 87°40'\,;$$

$$\theta = \operatorname{arc\,tg} \frac{1}{0{,}02} = 88°50'.$$

$$U_{0L(\varepsilon=0)} = U_f \frac{\sqrt{(2 - 0{,}924 - 0{,}980)^2 + 3\,(0{,}980 - 0{,}924)^2}}{2 \times 0{,}06\,(1 + 0{,}924 + 0{,}980)} = 0{,}314\ U_f\,.$$

$$\delta = \operatorname{arc\,tg} \frac{\sqrt{3}\,(0{,}980 - 0{,}924)}{2 - 0{,}924 - 0{,}980} = 49°.$$

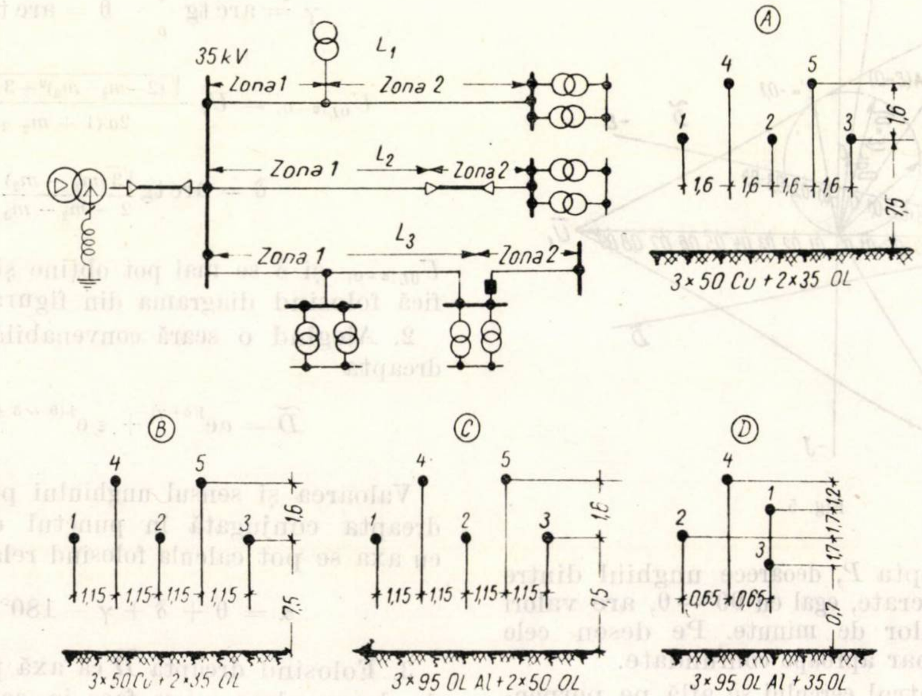

35kV
L1
Zona 1
Zona 2
L2
Zona 1
Zona 2
L3
Zona 1
Zona 2
A
4
5
1
2
3
1,6
1,6
1,6
1,6
1,6
7,5
3×50 Cu + 2×35 OL
B
4
5
1
2
3
1,6
1,15
1,15
1,15
1,15
7,5
3×50 Cu + 2×35 OL
C
4
5
2
3
1,6
1,15
1,15
1,15
1,15
7,5
3×95 OL Al + 2×50 OL
D
4
1
2
3
1,7
1,7
1,2
0,65
0,65
0,7
3×95 OL Al + 35 OL

Fig. 6

Tabela 1

Linia	Zona		Tip coronament	Lg km	Capacități totale pe fazele 10^{-9} F 1	2	3
1	1	Cu conductor de protecție	A	2,00	12,46	12,02	12,46
		Fără conductor de protecție		5,00	26,60	23,90	26,60
		Total 1.1		7,00	39,06	35,92	39,06
	2	Cu conductor de protecție	B	4,10	25,34	24,64	25,34
		Fără conductor de protecție		4,00	20,20	18,08	20,20
		Total 1.2		8,10	45,54	42,72	45,54
	1+2	Total L_1	—	15,10	84,60	78,64	84,60
2	1	Cu conductor de protecție	A	2,00	12,46	12,02	12,46
		Fără conductor de protecție		5,00	26,60	23,90	26,60
		Total 2.1		7,00	39,06	35,92	39,06
	2	Cablu subteran	—	0,22	48,40	48,40	48,40
	1+2	Total L_2	—	7,22	87,46	84,32	87,46
3	1	Cu conductor de protecție	D	28,00	162,40	141,96	153,44
	2	Fără conductor de protecție	C	14,00	91,28	88,62	91,28
	1+2	Total L_3	—	42,00	253,68	230,58	244,72
1+2+3		Total rețea	—	64,32	425,74	393,54	416,78

2. În continuare se lucrează în procente adoptînd pe desen 2 mm pentru fiecare procent (fig. 7).

Se trasează dreapta :

$$\widetilde{D} = 6\, e^{j\,136°40'} + \varepsilon\, e^{j\,225°30'};$$

$$\alpha = 88°50' + 49° + 87°40' - 180° = 45°30'$$

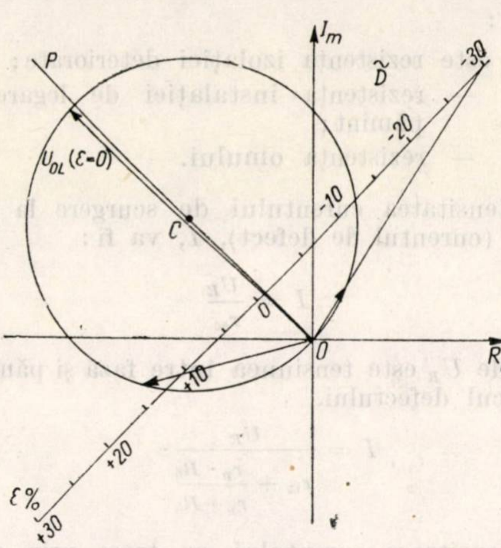


Fig. 7

3. Se gradează dreapta $\widetilde{D}$ după ce s-a determinat punctul $\varepsilon = 0$ cu ajutorul direcţiei lui $U_{0L(\varepsilon=0)}$.

4. Se trasează perpendiculara P cu ajutorul unghiului :

$$\beta = 45°30' + 90° = 135°30'.$$

5. Se figurează cercul după determinarea lungimii diametrului egală cu :

$$U_{0L\,max} = \frac{0{,}314}{\sin 88°50'}\ 100 = 31{,}4\,\%.$$

6. Cu ajutorul diagramei construite se trasează curba de variaţie a tensiunii neutrului faţă de pămînt în funcţie de gradul de dezacordare ε al bobinei de stingere (fig. 8). În cazul reţelei studiate, această tensiune poate atinge valori de ordinul 6,5 kV.

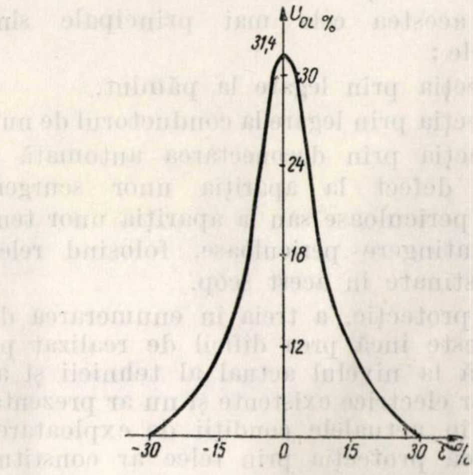


Fig. 8

Într-o asemenea situaţie, cînd, din calculul efectuat, rezultă că tensiunea neutrului în cazul acordării bobinei la rezonanţă poate lua valori importante, este indicată simetrizarea reţelelor prin unul dintre mijloacele cunoscute.

Bibliografie

[1] Willheim, R. şi Waters, M. *Zazemlenie neitrali v visokovoltnih sistemah.* Gosenergoizdat, 1959.
[2] Lihaciov, F. A. *Vibor, ustanovka i ekspluataţiia dugogasiaşcih apparatov.* Gosenergoizdat, 1955.
[3] Neiman, L. R. şi Kalantarov, P. L. *Bazele teoretice ale electrotehnicii*, vol. III. Editura tehnică, 1956.
[4] *Mauduit Installations électriques à haute et basse tension*, vol. I. Dunod, 1949.
[5] Ionaşcu, Gh. *Măsurători în reţelele cu neutrul izolat sau compensat prin bobine de stingere.* În: Energetica nr. 8, 1962, p. 325.

Consideraţii asupra eficacităţii protecţiei prin legarea la pămînt şi a protecţiei prin legarea la nul în instalaţiile electrice cu tensiunea de lucru pînă la 1000 V

Tf. 1537/64.
LEFORDITVA

Ing. *M. SUFRIM*

Carcasele utilajelor electrice şi în general toate elementele metalice dintr-o instalaţie electrică sau din apropierea unei instalaţii electrice, care nu sînt normal sub tensiune, pot căpăta în orice moment tensiune datorită deteriorării izolaţiei elementelor care fac parte din circuitele curenţilor de lucru. În aceste cazuri, oricine atinge partea metalică intrată sub tensiune se poate electrocuta. Aceste accidente intră în categoria electrocutărilor prin atingere indirectă.

Dacă pentru prevenirea atingerilor directe a elementelor care fac parte din circuitele curenţilor de lucru există şi posibilitatea de a instrui oamenii să se ferească de a veni în contact cu porţiunile din instalaţiile electrice care se văd că sînt dezizolate, necarcasate sau neîngrădite şi să semnaleze acele porţiuni, pentru prevenirea unui accident prin atingere indirectă nici un simţ al omului nu-l poate ajuta la sesizarea pericolului, mai ales că se ştie că rolul carcasei este tocmai de a-l proteja.

La o deteriorare totală a izolaţiei, omul, atingînd partea metalică intrată sub tensiune, este supus la tensiunea reţelei faţă de pămînt, dacă nu se iau măsuri speciale de protecţie.

Datorită celor de mai sus, mijloacele de protecție pentru înlăturarea pericolului de accidentare prin atingere indirectă ocupă unul dintre locurile cele mai importante în tehnica securității la instalațiile electrice.

Dintre acestea cele mai principale sînt următoarele :

1. Protecția prin legare la pămînt.
2. Protecția prin legare la conductorul de nul.
3. Protecția prin deconectarea automată a sectorului defect la apariția unor scurgeri de curent periculoase sau la apariția unor tensiuni de atingere periculoase, folosind relee special destinate în acest scop.

Ultima protecție, a treia în enumerarea de mai sus, este încă prea dificil de realizat pe scară largă la nivelul actual al tehnicii și al instalațiilor electrice existente și nu ar prezenta siguranța în actualele condiții de exploatare. Cu toate că protecția prin relee ar constitui un pas important înainte în tehnica securității la instalațiile electrice, rămîne deocamdată o problemă de perspectivă. Stadiul actual al dezvoltării acestei protecții permite folosirea ei doar pentru completarea celorlalte două mijloace de protecție, legarea la pămînt și legarea la nul, în vederea înlăturării radicale a pericolelor.

Protecția prin legare la pămînt are ca scop limitarea tensiunilor de atingere la valori reduse rezultate din practică.

Protecția constă în dirijarea curenților de defect printr-o priză de pămînt, considerînd solul un conductor electric. În cazul rețelelor cu punctul neutru izolat față de pămînt, curentul se închide prin rezistențele de izolație și capacitățile rețelei față de pămînt. În cazul rețelelor cu punctul neutru legat la pămînt printr-o priză de exploatare, curentul se închide prin aceasta. Datorită acestui fapt, condițiile de calcul și dimensionare a instalațiilor de legare la pămînt sînt diferite pentru rețelele cu punctul neutru izolat față de rețelele cu punctul neutru legat la pămînt.

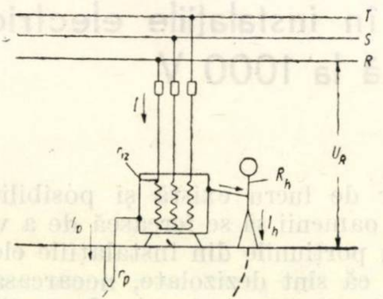


Fig. 1.

La orice rețea, rezistența de scurgere la pămînt la locul defectului, după cum reiese din figura 1, este dată de relația :

$$r_{sc} = r_{iz} + \frac{r_p \times R_h}{r_p + R_h} \tag{1}$$

unde :

r_{iz} este rezistența izolației deteriorate;

r_p — rezistența instalației de legare la pămînt;

R_h — rezistența omului.

Intensitatea curentului de scurgere la pămînt (curentul de defect), I, va fi :

$$I = \frac{U_R}{r_{sc}} \tag{1'}$$

unde U_R este tensiunea între fază și pămînt la locul defectului.

$$I = \frac{U_R}{r_{iz} + \dfrac{r_p \cdot R_h}{r_p + R_h}}. \tag{2}$$

Intensitatea curentului ce trece prin om, I_h, va fi :

$$I_h = I \frac{r_p}{r_p + R_h}, \tag{3}$$

iar tensiunea la care va fi supus omul va fi :

$$U_a = I_h \cdot R_h = I \frac{r_p \cdot R_h}{r_p + R_h}. \tag{4}$$

Omul aflîndu-se cu mîna pe carcasa utilajului electric, deci la un capăt al rezistenței r_p, și cu picioarele la un potențial nul, deci la celălalt capăt al rezistenței r_p, tensiunea la care este supus omul (tensiunea de atingere) poate fi exprimată prin relația :

$$U_a = I_p \cdot r_p. \tag{4'}$$

Intensitatea curentului ce trece prin instalația de legare la pămînt I_p va fi :

$$I_p = I \frac{R_h}{r_p + R_h}. \tag{5}$$

Dacă în relațiile de mai sus se neglijează în sumă valoarea lui r_p față de valoarea lui R_h, deoarece $r_p \ll R_h$, din expresiile (5) și (4) se obține :

$$I_p \simeq I \quad \text{și} \quad U_a \simeq I \cdot r_p. \tag{6}$$

De aici reiese că tensiunea de atingere este determinată direct de curentul de defect (de scurgere la pămînt) și de rezistența prizei de pămînt. Acțiunea protectoare a instalației de legare la pămînt va fi cu atît mai eficace cu cît rezistența instalației de legare la pămînt va fi mai mică.

Pentru stabilirea valorii de calcul a intensității I, trebuie să se considere situația în care curenții de punere la pămînt au valoarea maximă.

Rețele izolate față de pămînt

În cazul rețelelor cu punctul neutru al sursei de alimentare izolat față de pămînt, curenții de punere monofazată la pămînt sînt mici. Curentul de defect se stabilește prin capacitatea și izolația față de pămînt a fazelor sănătoase. Ultima limitează intensitatea acestui curent la o valoare mică. În cazul rețelelor de joasă tensiune (380 V), intensitățile curenților de defect sînt de ordinul unităților de amperi, chiar dacă capacitatea rețelei atinge valori însemnate.

În cazul unei rețele trifazate la care capacitatea față de pămînt este neglijabilă, intensitatea curentului de punere la pămînt ce se scurge prin instalația de legare la pămînt în cazul unui defect (punere la carcasă) este :

$$I_{pa} = \frac{U/\sqrt{3}}{r_p + \frac{R_{iz}}{3}} = \frac{U}{\sqrt{3}\, r_p + \frac{R_{iz}}{\sqrt{3}}}, \tag{7}$$

unde :

I_{pa} este intensitatea curentului de punere la pămînt (componentă activă) ;
U — tensiunea de lucru a rețelei (tensiunea între faze) ;
r_p — rezistența instalației de legare la pămînt ;
R_{iz} — rezistența izolației unei faze a rețelei față de pămînt.

Dacă capacitatea rețelei față de pămînt are o valoare mare, astfel încît să se poată neglija curentul de punere la pămînt, ce se scurge prin izolația fazelor sănătoase ale rețelei, intensitatea curentului de punere la pămînt capacitiv va fi :

$$I_{pc} = \frac{U \cdot \omega \cdot c}{\sqrt{9 \cdot r_p^2 \cdot \omega^2 \cdot c^2 + 1}} \cdot \tag{8}$$

Dacă, în afară de capacitatea rețelei, trebuie să se ia în considerare și rezistența izolației fazelor rețelei față de pămînt, intensitatea curentului de punere la pămînt are expresia :

$$I_p = \frac{U \cdot \sqrt{3}}{3 r_p \sqrt{1 + \frac{R_{iz}\,(R_{iz} + 6 r_p)}{9\, r_p^2 \cdot (R_{iz}^2\, \omega^2 \cdot c^2 + 1)}}} \cdot \tag{9}$$

Cu suficientă aproximație pentru aplicațiile practice se poate determina intensitatea curentului de defect din suma geometrică a curentului de scurgere ohmică și a curentului capacitiv :

$$I_p = \sqrt{I_{pa}^2 + I_{pc}^2}\,. \tag{10}$$

Dacă se consideră $U = 380$ V ; $R_{iz} = 5000\,\Omega$; $C = 10^{-5}$ F ; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot 50$; $r_p = 10\,\Omega$, se obține : $I_{pa} = 0{,}132$ A ; $I_{pc} \simeq 2{,}1$ A și $I_p \simeq 2{,}13$ A.

Tensiunea de atingere U_a va fi :

$$U_a = I_p \cdot r_p = 2{,}13 \times 10 = 21{,}3 \text{ V}.$$

Din acest exemplu reiese că într-o rețea trifazată izolată față de pămînt, chiar în cazurile în care capacitatea rețelei față de pămînt este mare, se pot obține tensiuni de atingere mici cu instalații de legare la pămînt nepretențioase (10 Ω în cazul rețelei de 380 V) dacă rezistențele izolațiilor rețelei față de pămînt au valori suficient de mari.

Din cele de mai sus reiese că la o punere monofazată la carcasa unui echipament electric, cu cît este mai mică rezistența instalației de legare la pămînt, cu atît acțiunea ei de protecție este mai eficace.

Este necesar să se țină seamă de faptul că instalația de legare la pămînt dirijează curenții de defect pe un drum care nu creează pericole, însă nu semnalează defectul. Curenții de defect se pot scurge prin instalația de protecție un timp nedeterminat fără a fi descoperiți, dacă nu există și o altă protecție suplimentară.

Gradul de pericol poate deveni foarte mare, însă, dacă în timp ce există o punere la carcasă datorită deteriorării izolației unei faze apare altă punere la pămînt la o altă fază a rețelei. În acest caz se stabilește un curent de scurgere între faze, adică o punere bifazată la pămînt.

Punerile la pămînt bifazate au loc, de exemplu, cînd există un defect monofazat la un utilaj legat la o instalație de legare la pămînt, defect care nu este semnalat și înlăturat, și apare un al doilea defect monofazat pe altă fază, la un utilaj care este legat la altă instalație de legare la pămînt, independentă de prima.

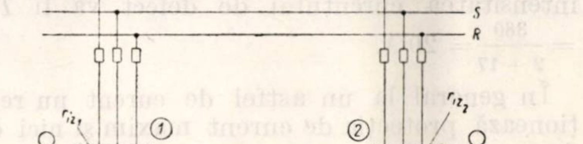


Fig. 2.

În cazul unei scurgeri bifazate, curentul de scurgere I, după cum reiese din figura 2, este dat de relația :

$$I = \frac{U}{r_{iz_1} + r_{iz_2} + \frac{r_p\,(r_{p_1} + r_{p_2})}{r_p + r_{p_1} + r_{p_2}}}, \tag{11}$$

unde:

U este tensiunea rețelei între faze;

r_{iz_1} — rezistența izolației deteriorate la faza T;

r_{iz_2} — rezistența izolației deteriorate la faza R;

r_p — rezistența legăturii între prizele de pămînt la care sînt legate utilajele defecte;

r_{p_1} — rezistența instalației de legare la pămînt a utilajului *1*;

r_{p_2} — rezistența instalației de legare la pămînt a utilajului *2*.

Tensiunile de atingere la carcasele celor două utilaje defecte vor fi:

$$U_{a_1} = I_p\, r_{p_1} \text{ și } U_{a_2} = I_p\, r_{p_2}.$$

I_p fiind intensitatea curentului ce trece prin r_{p_1} și r_{p_2}:

$$I_p = I \frac{r_p}{r_p + r_{p_1} + r_{p_2}}. \qquad (12)$$

Dacă considerăm $r_{iz_1} = r_{iz_2} = 0$ (puneri nete la carcasă) și $r_p = \infty$, adică nu există o legătură electrică între carcasele utilajelor sau între cele două instalații de legare la pămînt, relațiile de mai sus devin:

$$I = I_p = \frac{U}{r_{p_1} + r_{p_2}} \qquad (13)$$

$$U_{a_1} = U \frac{r_{p_1}}{r_{p_1} + r_{r_2}} = U \frac{1}{1 + \frac{r_{p_2}}{r_{p_1}}} \quad \text{și}$$

$$U_{a_2} = U \frac{r_{p_2}}{r_{p_1} + r_{p_2}} = U \frac{r_{p_2}}{r_{p_1}} \left(\frac{1}{1 + \frac{r_{p_2}}{r_{p_1}}} \right), \qquad (14)$$

raportul $\frac{r_{p_2}}{r_{p_1}}$ constituind valoarea relativă a rezistențelor.

Înlocuind în expresia (13), pentru exemplificare, $U = 380$ V; $r_{r_1} = 2\,\Omega$ și $r_{p_2} = 17\,\Omega$, intensitatea curentului de defect va fi $I = \frac{380}{2 + 17} = 20$ A.

În general la un astfel de curent nu reacționează protecția de curent maxim și nici cea de suprasarcină.

Tensiunile de atingere vor fi:

$$U_{a_1} \simeq 380 \frac{2}{19} = 40\text{V} \qquad U_{a_2} \simeq 380 \frac{17}{19} = 340 \text{ V}.$$

În presupunerea că rezistențele ambelor instalații de legare la pămînt prezintă valori mici, $r_{p_1} = r_{p_2} = 2\,\Omega$, tensiunile de atingere vor fi de asemenea foarte periculoase:

$$U_{a_1} = U_{a_2} = 380 \frac{2}{2+2} = 190\text{V}.$$

Tensiunile de atingere în cazul punerilor la pămînt bifazate nu depind de valorile absolute ale rezistențelor instalațiilor de legare la pămînt, ci de valorile lor relative.

Dacă există însă o legătură electrică între carcasele utilajelor electrice punerea bifazată la pămînt devine un scurtcircuit bifazat care deconectează sectorul defect. Chiar dacă s-ar întîrzia deconectarea sectorului defect, nu există riscul de a se stabili tensiuni de atingere mari, deoarece curentul de scurgere prin instalațiile de legare la pămînt este limitat de legătura dintre carcasele utilajelor.

Legătura electrică între carcasele tuturor utilajelor electrice se realizează foarte simplu prin executarea unei instalații de legare la pămînt unice (generale), la care să se lege carcasele tuturor echipamentelor electrice alimentate de la aceeași rețea, mai precis de la aceeași sursă (transformator sau generator).

Din cele de mai sus reiese că, în cazul rețelelor cu punctul neutru al sursei de alimentare izolat față de pămînt, o corectă instalație de legare la pămînt poate asigura protecția împotriva electrocutărilor prin atingere indirectă. Dacă la aceste rețele se mai adaugă un control al rezistenței izolației rețelei față de pămînt pentru semnalarea și înlăturarea punerilor la pămînt monofazate, astfel încît să nu se ajungă la puneri bifazate la pămînt, problema protecției este complet rezolvată.

Trebuie menționat că în cazul rețelelor izolate față de pămînt controlul rezistenței de izolație a rețelei poate fi ușor realizat practic.

Rețele legate la pămînt

Majoritatea rețelelor de joasă tensiune funcționează cu punctul neutru al sursei de alimentare legat la pămînt printr-o rezistență mică r_0 (priza de pămînt de exploatare).

În conformitate cu STAS 6119-59, instalațiile de legare la pămînt de protecție se calculează ținînd seamă de unul din următoarele criterii:

a) realizarea unei tensiuni de atingere sub 40 V;

b) rezistența instalației de legare la pămînt să nu depășească valoarea de 4 ohmi.

Nici unul dintre aceste criterii nu este justificat teoretic.

Tensiunea de 40 V nu poate fi considerată în toate cazurile o tensiune nepericuloasă. Ea reprezintă o valoare maximă admisă rezultată dintr-un compromis între realizarea unei protecții cît mai eficace și realizarea unor instalații de legare la pămînt cît mai economice. S-a luat în considerație faptul că omul nu se găsește totdeauna în timpul atingerii utilajului cu picioarele sau cu o altă parte a corpului la un potențial nul, că mai intervine favorabil rezistența încălțămintei și a pardoselii, precum și faptul că omul nu are totdeauna un contact bun şi pe suprafaţă mare cu carcasele utilajelor fixe. De cele mai multe ori are un contact întîmplător cu acestea. Practica nu a scos în evidenţă pînă în prezent necesitatea reducerii limitei admise menţionate mai sus. Nu sînt însă excluse surprizele, dacă se ţine seamă că literatura şi statisticile scot în evidenţă electrocutări la tensiuni mai mici de 40 V (în condiţii nefavorabile).

Limita de 4 ohmi pentru rezistenţa instalaţiei de legare la pămînt a fost determinată, de asemenea, din considerente practice. Pînă în prezent nu s-au semnalat accidente prin electrocutare la deservirea utilajelor racordate la instalaţii de legare la pămînt care prezentau o rezistenţă sub 4 ohmi. Ritmul rapid de extindere a instalaţiilor electrice impune însă o analiză mai profundă a eficacităţii instalaţiilor de protecţie prin legare la pămînt. Dintr-o astfel de analiză reiese că nu se poate realiza în toate cazurile o protecţie sigură dacă instalaţia prezintă o rezistenţă de 4 ohmi.

Din figura 3 reiese că în cazul reţelelor cu punctul neutru al sursei de alimentare legat la pămînt printr-o priză de exploatare cu rezistenţa r_0, intensitatea curentului de scurgere la pămînt I_p, în cazul unei puneri nete la carcasă, este dată de relaţia:

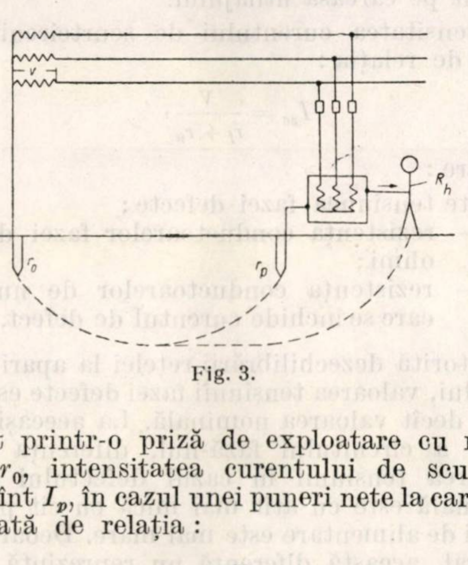


Fig. 3.

$$I_p = \frac{V}{r_0 + r_p}, \qquad (15)$$

unde:

V este tensiunea reţelei pe fază;
r_0 — rezistenţa instalaţiei de legare la pămînt de exploatare;
r_p — rezistenţa instalaţiei de legare la pămînt de protecţie.

S-a neglijat rezistenţa conductorului de alimentare şi s-a considerat $R_h \gg r_p$.

Dacă se consideră tensiunea de atingere pentru om, U_a, egală cu tensiunea prizei, U_p, tensiunea de atingere se poate exprima astfel:

$$U_a = U_p = r_p \cdot I_p; \; U_a = V\frac{r_p}{r_0 + r_p}; \; U_a = \frac{V}{1 + \frac{r_0}{r_p}}. \qquad (16)$$

Din ultima relaţie rezultă că tensiunea de atingere nu depinde de valoarea absolută a rezistenţei instalaţiei de protecţie r_p, ci de valoarea relativă a rezistenţelor r_p şi r_0, adică de raportul lor $k = \frac{r_0}{r_p}$; dacă $r_p = r_0$, $U_a = \frac{V}{2}$.

De exemplu, dacă $r_p = r_0 = 4\ \Omega$ şi $V = 220$ V,

$$U_a = \frac{220}{2} = 110 \text{ V}.$$

Din relaţia (16) reiese că o instalaţie de protecţie este eficace, mai precis poate realiza o tensiune de atingere sub 40 V, numai dacă:

$$r_p \leqslant r_0 \frac{U_a}{V - U_a} = r_0 \cdot \frac{40}{V - 40}. \qquad (17)$$

În cazul reţelelor de 220 V este necesar ca:

$$r_p \leqslant r_0 \frac{40}{180} = \frac{r_0}{4,5}.$$

De aici ar reieşi că în cazul unei instalaţii de protecţie cu o rezistenţă de 4 ohmi, rezistenţa instalaţiei de legare la pămînt de exploatare r_0 ar trebui să fie de 18 ohmi.

În cazurile în care condiţia (17) este respectată, vor exista tensiuni de atingere U_{a_0} periculoase pentru cei ce vin în contact cu elementele metalice legate electric de priza de exploatare:

$$U_{a_0} = r_0 \cdot I_p = V\frac{r_0}{r_0 + r_p} = V\frac{k}{1 + k}; \qquad (18)$$

unde:

$$k = \frac{r_0}{r_p}.$$

Faptul că pînă în prezent nu s-au semnalat accidente, cu toate că în numeroase cazuri nu s-a ţinut seamă în calcule de condiţia (17) şi relaţia (18), se explică în modul următor:

a) rezistenţa reală a instalaţiei de protecţie este în majoritatea cazurilor mult sub valoarea calculată, datorită contactelor neprevăzute cu diferite elemente metalice care au o legătură bună (naturală) cu pămîntul; în modul acesta, condiţia (17) este satisfăcută de cele mai multe ori;

b) tensiunea de atingere reală este de cele mai multe ori sub valoarea tensiunii prizei, deoarece omul în momentul atingerii nu se află cu picioarele la un potenţial nul;

c) probabilitatea ca elementele legate la priza de exploatare să fie atinse tocmai în momentul scurgerii unui curent de defect este mai mică, deoarece în apropierea acestor elemente este o circulaţie mai redusă de personal, pe de altă parte, în numeroase cazuri se realizează egalizări de potenţiale în jurul prizei de exploatare, astfel încît tensiunile de atingere efective sînt mai mici decît tensiunea prizei de exploatare U_{p_0}.

Toate cele expuse mai sus nu ne dau însă nici o siguranță că nu vor fi surprize în viitor, dacă se ține seamă de ritmul rapid de extindere a instalațiilor electrice și de introducerea pe scară tot mai largă a utilajelor electrice în toate domeniile de activitate.

La cele de mai sus trebuie să se adauge și următoarea deficiență importantă a protecției prin legare la pămînt :

— Intensitatea curenților de punere la pămînt este de cele mai multe ori de valoare relativ mică, astfel încît nu reușește în toate cazurile să topească fuzibilul siguranței sau să deconecteze întreruptorul automat care protejează utilajul defect. După cum s-a arătat, protecția prin legare la pămînt nu-și propune deconectarea utilajului, ci doar asigurarea unei tensiuni de atingere redusă.

— Scurgerile de curent prin pămînt pot fi de lungă durată deoarece nu sînt semnalate.

— Practic, defectul se constată după întreruperea legăturii utilajului la pămînt, adică atunci cînd poate avea loc și un accident.

Din cele de mai sus reies următoarele avantaje ale protecției prin legare la pămînt :

1) asigură o tensiune de atingere redusă ;

2) funcționează concomitent cu apariția defectului ;

3) este foarte simplă și sigură în exploatare, iar verificarea instalației de protecție se poate face cu ușurință.

Dezavantajele protecției prin legare la pămînt sînt următoarele :

1) tensiunea de atingere depinde de raportul dintre valoarea rezistenței instalației de protecție și valoarea rezistenței prizei de exploatare ;

2) nu asigură semnalarea unei scurgeri de curent și deconectarea sectorului defect ;

3) nu cuprinde măsuri pentru evitarea pericolului ce s-ar ivi în cazul unei întreruperi accidentale a circuitului de protecție.

Datorită acestor dezavantaje ale instalațiilor de protecție prin legare la pămînt s-a elaborat protecția prin legare la conductorul de nul. Această protecție este considerată superioară protecției prin legare la pămînt, deoarece își propune ca scop principal deconectarea sectorului defect.

Protecția prin legare la conductorul de nul

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească instalația de protecție prin legare la nul sînt :

a) să deconecteze echipamentul electric defect ;

b) să limiteze tensiunea de atingere la valoarea admisă, indiferent de cauza care a produs-o.

Principiul protecției constă în legarea carcaselor echipamentelor electrice la nulul rețelei (fig. 4). În cazul unui defect de izolație are loc practic un scurtcircuit între o fază și nul. Curentul de scurtcircuit topește fuzibilul siguranței sau determină deconectarea întreruptorului automat care protejează sectorul defect. În modul acesta se întrerupe tensiunea care a apărut pe carcasa utilajului.

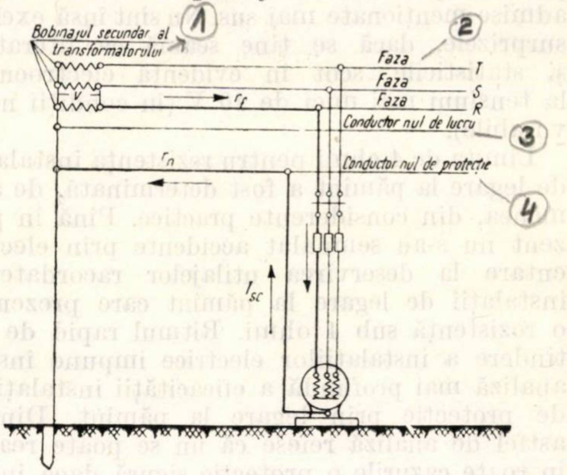

1
2
Bobinajul secundar al transformatorului
Faza
T
Faza
S
Faza
R
V
r_f
Conductor nul de lucru
3
r_n
Conductor nul de protecție
4
I_{sc}

Fig. 4.

Intensitatea curentului de scurtcircuit este dată de relația :

$$I_{sc} = \frac{V}{r_f + r_n}, \qquad (19)$$

în care :

V este tensiunea fazei defecte ;

r_f — rezistența conductoarelor fazei defecte, ohmi ;

r_n — rezistența conductoarelor de nul prin care se închide curentul de defect, ohmi.

Datorită dezechilibrării rețelei la apariția defectului, valoarea tensiunii fazei defecte este mai mică decît valoarea nominală. La aceeași rezistență a circuitului fază-nul, diferența dintre valoarea tensiunii în cazul defectului și cea nominală este cu atît mai mică cu cît puterea sursei de alimentare este mai mare. Deoarece, în general, această diferență nu reprezintă o valoare apreciabilă și deoarece în tehnica securității se ține seamă de cazurile cele mai nefavorabile, se consideră tensiunea fazei defecte egală cu tensiunea nominală.

Pentru ca protecția prin legare la conductorul de nul să-și atingă scopul, este necesar ca rezistența, mai precis secțiunea conductoarelor de nul să fie astfel determinată, încît să se asigure deconectarea echipamentului defect.

Din unele lucrări de specialitate și din unele norme de proiectare reieșea că uneori condiția de mai sus este satisfăcută chiar dacă rezistența conductoarelor de nul este de 3 ori mai mare decît rezistența conductoarelor de fază, mai precis dacă secțiunea conductoarelor de nul reprezintă 1/3 din secțiunea conductoarelor de fază în cazul unor materiale de fabricație identice.

Din practica exploatării instalațiilor de legare la nul a reieșit că realizarea unei protecții eficace nu poate fi asigurată prin simpla însoțire a conductoarelor de lucru de către un conductor de protecție care are secțiunea egală cu 1/3 din secțiunea conductorului de fază.

Există posibilitatea să aibă loc o întrerupere accidentală în circuitul conductoarelor de nul. Întreruperea poate avea loc la carcasa utilajului, la bornele de legătură sau pe traseul între două puncte de legătură. În acest caz, toate utilajele aflate pe partea întreruptă rămîn fără nici o protecție, neexistînd legătura cu punctul de nul al sursei de alimentare (fig. 5).

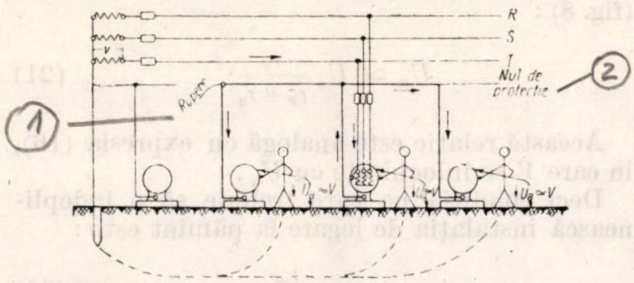

R
S
T
V
Nul de protecție
Rupere
$U_a \simeq V$
$U_a \simeq V$
$U_a \simeq V$
1
2

Fig. 5.

În cazul unui defect de izolație la un utilaj, tensiunea se transmite prin conductorul de nul și la carcasele celorlalte utilaje aflate pe partea întreruptă, punînd în pericol atît persoana care vine în atingere cu carcasa utilajului defect cît și persoanele care vin în atingere cu carcasele celorlalte utilaje aflate pînă la locul întreruperii.

Uneori această problemă s-a încercat să se rezolve prin executarea ,,prizelor repetate de pămînt'' la care se leagă conductorul de nul de protecție. În această situație, în cazul unei întreruperi legarea la nul se transformă într-o legare la pămînt.

În unele prescripții se cerea ca aceste prize repetate să existe la ramificații, la capetele de linie și la fiecare 200 m (după unele prescripții) sau la 1 000 m (după alte prescripții). Rezistența unei ,,prize repetate'' de pămînt este limitată în unele prescripții la 10 ohmi și în altele, pentru rețele de puteri mici, la 30 ohmi.

Datorită textului sărac al acestor prescripții, de cele mai multe ori se interpreta că prizele repetate trebuie executate numai pentru liniile aeriene ramificate. În instalațiile interioare și în încăperile industriale, prescripția nu se mai respecta decît în cazuri rare, pentru simplul motiv că o rețea electrică de alimentare a utilajelor nu se numește linie. În cel mai bun caz se lega borna sau bara de nul a tabloului general la o instalație de legare la pămînt. Or, într-o instalație interioară sau într-o încăpere industrială trebuie să se considere punct de ramificație oricare tablou electric de distribuție, general, principal, intermediar sau secundar. Deoarece întreruperea în rețeaua de nul poate avea loc la punctele de legătură de la tablouri sau carcase, pe traseul dintre două tablouri sau pe traseul dintre tablou și carcasa utilajului, este necesar să se lege la pămînt atît bornele sau barele de nul ale tablourilor electrice de distribuție cît și carcasele utilajelor. Numai în modul acesta se pot evita pericolele determinate de o întrerupere accidentală în rețeaua de nul de protecție (fig. 6) (a se vedea STAS 6616–62).

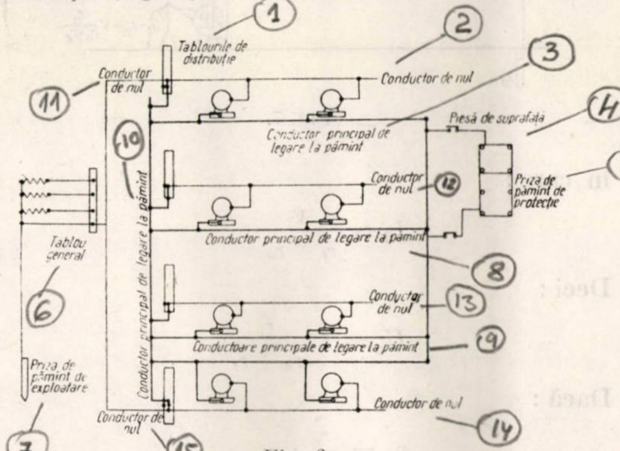

1
Tablourile de distribuție
2
Conductor de nul
3
Conductor principal de legare la pămînt
4
Piesă de suprafață
5
Priza de pămînt de protecție
11
Conductor de nul
10
Conductor principal de legare la pămînt
Conductor de nul
12
Tablou general
6
Conductor principal de legare la pămînt
8
Conductor de nul
13
Conductoare principale de legare la pămînt
9
Priza de pămînt de exploatare
7
Conductor de nul
15
Conductor de nul
14

Fig. 6.

Pentru protecția celor care vin în atingere cu carcasele utilajelor electrice, condiția ca rezistența prizei repetate să aibă o valoare de 10 — 30 ohmi nu este satisfăcătoare, deoarece, în cazurile în care aceasta trebuie să funcționeze singură, de cele mai multe ori nu poate să asigure o tensiune de atingere nepericuloasă. Ținînd seamă de faptul că prin legarea la pămînt se urmărește realizarea unor tensiuni de atingere nepericuloase în cazul unei întreruperi, indiferent unde are loc aceasta, este necesar să se asigure o rezistență de scurgere la pămînt sub 4 ohmi, în conformitate cu condițiile cerute unei protecții prin legare la pămînt (a se vedea STAS 6119-59).

Scopul protecției prin legare la conductorul de nul, după cum s-a arătat, constă în deconectarea rapidă a echipamentului electric defect, astfel încît să nu fie posibilă producerea unui accident prin electrocutare. Timpul util de deconectare se apreciază la cel mult 0,2 s.

Este necesar să se analizeze situația cînd nu are loc deconectarea utilajului defect într-un timp suficient de scurt. Această situație se poate datora unor siguranțe incorect dimensionate, unor defecțiuni ale întreruptoarelor automate, sau unor rezistențe care au intervenit accidental în circuitul fază-nul. Uneori chiar și siguranțe în bună stare și corect alese au un timp de deconectare mai mare decît cel necesar protecției. În situațiile de mai sus, dacă nu există legarea la pămînt, în cazul unui defect, tensiunea de atingere la care este supus omul este egală cu căderea de tensiune pe conductorul de nul prin care se închide curentul de defect (fig. 7).

$$U_a = U_n = I_d \cdot r_n, \tag{20}$$

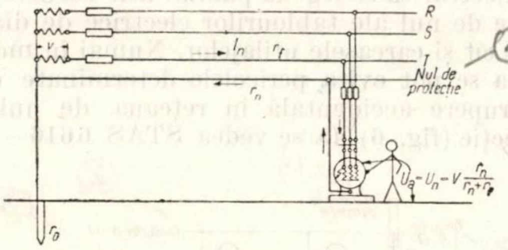


Fig. 7.

în care :

$$I_d \simeq \frac{V}{r_f + r_n}.$$

Deci :

$$U_a = V\frac{r_n}{r_n + r_f}.$$

Dacă :

$$r_f = \frac{r_n}{3},$$

intensitatea curentului de defect va fi :

$$I_d = \frac{V}{\frac{r_n}{3} + r_n} = \frac{3V}{4\,r_n},$$

iar tensiunea de atingere :

$$U_a = \frac{3\,V}{4}.$$

Pentru $V = 220$ V, tensiunea de atingere va fi :

$$U_a = \frac{3 \times 220}{4} = \frac{660}{4} = 165 \text{ V}.$$

În cazul unor legături defectuoase în rețeaua de nul, care contribuie la mărirea rezistenței nulului, valoarea tensiunii de atingere se mărește, putînd atinge chiar valoarea tensiunii nominale a rețelei față de pămînt.

Dacă secțiunea conductoarelor de nul este egală cu secțiunea conductoarelor de fază, $r_f = r_n$, tensiunea de atingere $U_a \simeq \frac{V}{2}$.

Pentru $V = 220$ V, tensiunea de atingere va fi : $U_a \simeq 110$ V.

Asigurarea unor tensiuni de atingere mai mici de 40 V se poate obține prin două metode :

a) prin mărirea secțiunii conductoarelor de nul ;

b) prin legarea carcaselor și la o instalație de legare la pămînt.

În general, aplicarea primei metode este neeconomică, deoarece necesită secțiuni de conductoare foarte mari. În cazul rețelelor de 220 V, secțiunea conductoarelor de nul ar trebui să fie de 4,5 ori mai mare decît secțiunea conductoarelor de fază. Din punct de vedere tehnico-economic, secțiunea conductoarelor de nul poate fi mărită pînă la cel mult secțiunea conductoarelor de fază (dacă materialele de fabricație sînt identice).

Metoda a doua este mai economică. O instalație de legare la pămînt, executată în conformitate cu STAS 6119–59, asigură practic protecția în orice condiții, deoarece nu este destinată să reducă la o tensiune de atingere nepericuloasă tensiunea nominală a rețelei față de pămînt, ci doar căderea de tensiune pe nul (fig. 8) :

$$U_a \simeq U_n \frac{r_p}{r_p + r_0}. \tag{21}$$

Această relație este analogă cu expresia (16), în care V se înlocuiește cu U_n.

Deci condiția pe care trebuie să o îndeplinească instalația de legare la pămînt este :

$$r_p \leqslant r_0 \frac{U_a}{U_n - U_a}. \tag{22}$$

În cazul rețelelor de 220 V și în cazul obținerii $r_f = r_n$, este necesar ca :

$$r_p \leqslant r_0 \frac{40}{110 - 40}\,; \quad r_p \leqslant \frac{4}{7} r_0,$$

r_0 fiind rezistența prizei de exploatare.

Această condiție este mult mai ușor de realizat practic decît cea analogă din cazul protecției prin legare la pămînt, analizată anterior [a se vedea condiția (17)].

Desigur că în cazul rețelelor cu tensiunea nominală de 208/120 V, cu ajutorul unei instalații de legare la pămînt de protecție se vor obține cu și mai multă ușurință tensiuni de atingere sub valoarea de 40 V.

Un alt pericol care apare în exploatare constă în inversarea rolului conductoarelor, legîndu-se un conductor de fază la carcasa utilajului, în locul conductorului de nul de protecție. În acest caz, dacă nu este prevăzut și un alt mijloc de protecție, la atingerea carcasei omul va fi supus la întreaga tensiune a rețelei față de

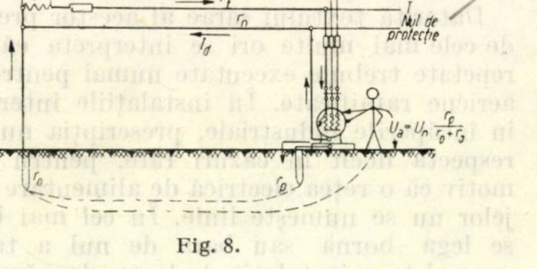


Fig. 8.

pămînt. Legarea carcasei utilajului la o instalație de legare la pămînt va evita accidentul, deoarece însăși instalația de legare la pămînt va fi capabilă să reducă tensiunea de atingere, iar pe de altă parte, la instalația de legare la pămînt fiind racordate și carcasele altor utilaje care au legătură cu rețeaua de nul, curentul de defect va găsi prin instalația de legare la pămînt căi de trecere la nulul rețelei. Acest avantaj se pune în evidență și în cazul întreruperii legăturii de nul la carcasa utilajului (fig. 9), în timp ce există o punere la carcasă.

De multe ori nulul de lucru pe porțiunea din rețea între tablou și utilaj este folosit și pentru protecție. În figura 10 se arată alimentarea unui receptor monofazat prin fază și nul. La conductorul de nul se realizează o ramificație la carcasa utilajului. Un astfel de montaj este foarte periculos, deoarece, în cazul întreruperii accidentale a conductorului de nul, carcasa intră sub tensiunea rețelei față de pămînt prin receptor. Atingerea de către om a carcasei poate deveni un accident foarte grav, rezistența receptorului fiind în general mult mai mică decît cea a corpului omenesc.

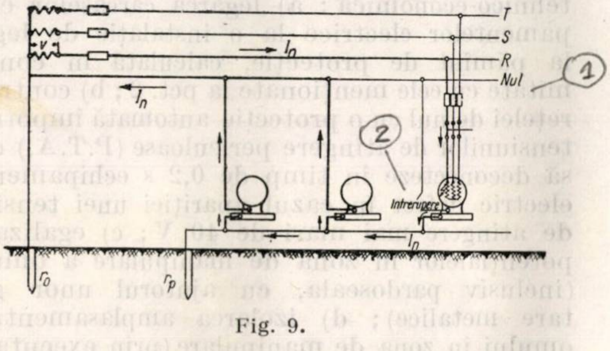


Fig. 9.

Datorită acestui fapt este necesar ca, de la tabloul de distribuție care alimentează utilajul respectiv, conductorul de nul de lucru să fie diferit de conductorul de nul de protecție.

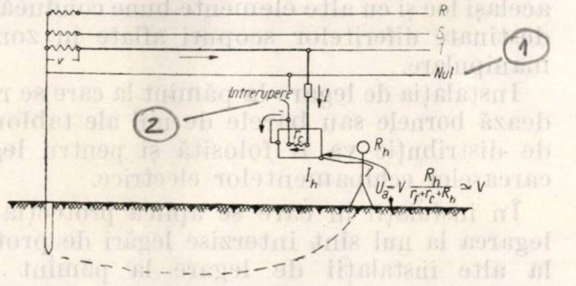


Fig. 10.

În exploatare mai există posibilitatea ca, după o întrerupere accidentală a conductorului de nul, acesta să vină în contact cu un conductor de fază (fig. 11). Au fost, de asemenea, cazuri cînd conductorul de nul a avut un contact accidental cu un conductor de fază, printr-o rezistență suficient de mare ca să nu se producă deconectarea, însă suficient de mică, în comparație cu rezistența omului, ca să se producă electrocutarea gravă a acestuia.

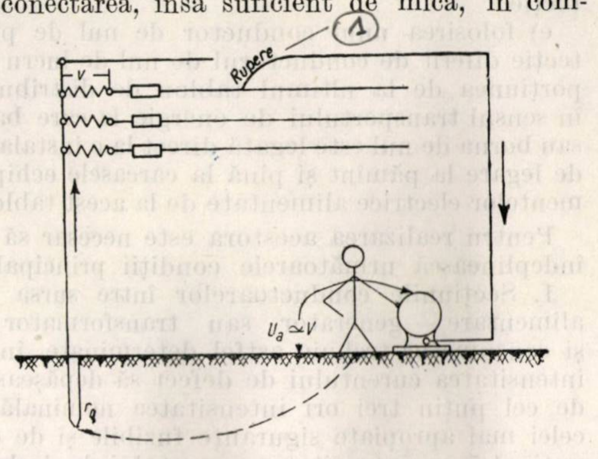


Fig. 11.

În ambele condiții expuse, tensiunea de atingere la care este supus omul poate avea valoarea tensiunii nominale față de pămînt a rețelei, dacă nu se prevede o măsură suplimentară de protecție.

Desigur că și în aceste cazuri legarea suplimentară a carcasei utilajelor și la o instalație de legare la pămînt poate să evite accidentul.

Din cele de mai sus reiese că rețeaua conductoarelor de nul suplimentată cu o instalație de legare la pămînt poate constitui o instalație de legare la nul care să asigure o protecție totală, deoarece legarea la pămînt limitează valoarea tensiunilor de atingere, indiferent de cauza care a determinat apariția unei tensiuni periculoase în rețeaua conductoarelor de nul, mai precis la carcasa echipamentelor electrice.

La elaborarea, de către laboratorul de electrosecuritate al Institutului de igienă și protecția muncii din R. P. R., a standardului 6616—62 privind protecția prin legarea la nul s-au luat în considerație condițiile expuse mai sus, și anume :

a) deconectarea rapidă (0,2 s) și selectivă a echipamentului electric la care s-a stabilit un curent de defect ;

b) legarea anumitor puncte ale rețelei de nul la instalații de legare la pămînt pentru evitarea pericolului ce s-ar ivi datorită unei întreruperi în rețeaua conductoarelor de nul de protecție ;

c) dimensionarea justă a rețelei conductoarelor de nul de protecție și folosirea justă a instalațiilor de legare la pămînt în vederea micșorării tensiunilor de atingere în cazul nedeconectării rapide a echipamentului electric la care s-a stabilit curentul de defect ;

d) prevederea unor măsuri care să evite pericolul ce ar apărea prin inversarea rolurilor conductoarelor, legîndu-se un conductor de lucru (de fază) în locul conductorului de protecție;

e) folosirea unui conductor de nul de protecție diferit de conductorul de nul de lucru pe porțiunea de la ultimul tablou de distribuție în sensul transportului de energie la care bara sau borna de nul este legată direct la o instalație de legare la pămînt și pînă la carcasele echipamentelor electrice alimentate de la acest tablou.

Pentru realizarea acestora este necesar să se îndeplinească următoarele condiții principale:

1. Secțiunile conductoarelor între sursa de alimentare — generator sau transformator — și consumator trebuie astfel determinate, încît intensitatea curentului de defect să depășească de cel puțin trei ori intensitatea nominală a celei mai apropiate siguranțe fuzibile și de cel puțin 1,5 ori intensitatea curentului de declanșare rapidă a întreruptorului automat de protecție a echipamentului electric.

Secțiunile conductoarelor de nul de protecție vor fi, însă, în general egale cu cele ale conductoarelor de lucru în cazul unor materiale de fabricație identice. Mai precis, este necesar ca valoarea impedanței conductorului de nul să fie cel mult egală cu valoarea impedanței unuia dintre conductoarele de fază pe care îi însoțește. În cazul cablurilor cu înveliș metalic, la care conductorul de nul are o secțiune mai mică decît cea a conductoarelor de fază, se poate folosi eventual cămașa metalică (de plumb) a cablului pentru completarea secțiunii conductorului de nul.

2. Rețeaua de nul de protecție trebuie să fie legată la pămînt:

a) în apropierea sursei de alimentare (generator sau transformator);

b) în cazul rețelelor aeriene la capetele liniilor și ale derivațiilor, iar pe traseul liniilor cel puțin din 1000 m în 1000 m;

c) în sectoarele productive și în instalațiile electrice (interioare sau exterioare) la toate tablourile de distribuție, generale, principale, intermediare și secundare. O instalație de legare la pămînt poate servi mai multe sau toate tablourile de distribuție.

Instalațiile de legare la pămînt care servesc instalația de protecție prin legare la nul să se calculeze astfel, încît să se îndeplinească cel puțin una dintre următoarele condiții:

a) tensiunile de atingere să nu depășească valoarea de 40 V atunci cînd omul se găsește la distanța de 0,8 m de obiectul legat la instalația de legare la pămînt, sau atunci cînd omul atinge simultan obiecte legate la instalația de legare la pămînt și un punct de potențial nul;

b) rezistența electrică a instalației de legare la pămînt de protecție să nu depășească valoarea de 4 ohmi; excepție fac numai prizele de pămînt care servesc rețelele aeriene, care să aibă fiecare o rezistență cel mult egală cu 10 ohmi în cazul în care distanța maximă dintre două legări la pămînt de pe traseu este de 500 m și cel mult egală cu 20 ohmi în cazul în care distanța maximă dintre două legări la pămînt de pe traseu este de 200 m. În cazul stîlpilor metalici sau de beton armat se pot considera stîlpii drept prize naturale de pămînt. În acest caz se leagă conductorul de nul la armătura metalică a fiecărui stîlp.

3. În afară de legarea la conductorul de nul de protecție este necesar să se prevadă o măsură suplimentară de protecție atunci cînd are loc cel puțin unul dintre următoarele cazuri:

a) nu este satisfăcută condiția de la punctul 1;

b) condițiile de exploatare nu prezintă siguranța unei deconectări rapide (0,2 s) a echipamentului electric defect;

c) se folosește pentru legarea la nul de protecție unul dintre conductoarele de aluminiu ale cablurilor;

d) în locurile periculoase și foarte periculoase.

Ca măsură suplimentară se va aplica cel puțin una dintre următoarele protecții, în funcție de condițiile locale și de justificarea tehnico-economică: a) legarea carcaselor echipamentelor electrice la o instalație de legare la pămînt de protecție, calculată în conformitate cu cele menționate la pct. 2; b) controlul rețelei de nul cu o protecție automată împotriva tensiunilor de atingere periculoase (P.T.A.) care să deconecteze în timp de 0,2 s echipamentul electric defect în cazul apariției unei tensiuni de atingere mai mari de 40 V; c) egalizarea potențialelor în zona de manipulare a omului (inclusiv pardoseala, cu ajutorul unor grătare metalice); d) izolarea amplasamentului omului în zona de manipulare (prin executarea pardoselii din materiale rău conducătoare de electricitate, iar în cazul pardoselilor bune conducătoare de electricitate — prin acoperirea acestora cu materiale izolate sau platforme izolate); e) executarea unor legături electrice suplimentare între toate carcasele metalice ale echipamentelor electrice grupate în același loc și cu alte elemente bune conducătoare destinate diferitelor scopuri aflate în zona de manipulare.

Instalația de legare la pămînt la care se racordează bornele sau barele de nul ale tablourilor de distribuție va fi folosită și pentru legarea carcaselor echipamentelor electrice.

În instalații în care se aplică protecția prin legarea la nul sînt interzise legări de protecție la alte instalații de legare la pămînt decît acelea care au legături electrice directe cu rețeaua de nul de protecție.

În cazul cînd bornele sau barele de nul ale unor tablouri de distribuție alimentate de la același tablou general (sau principal) sînt legate la un conductor principal de legare la pămînt comun, este suficient să se prevadă conductoare de nul numai pentru o parte din aceste tablouri de distribuție. În acest caz este necesar ca suma secțiunilor echivalente ale conductoarelor de nul dintre tabloul general (sau principal) și tablourile de distribuție să fie cel puțin egală cu secțiunea fazei din circuitul de alimentare a tabloului de puterea cea mai mare.

Se va verifica ca pentru bucla fază-nul în care intră în acest caz și conductorul principal, de legare la pămînt, precum și conductoarele de ramificație, să se îndeplinească condiția ca pentru orice situație valoarea impedanței circuitului de nul să fie cel mult egală cu valoarea impedanței circuitului de fază.

4. Conductorul de nul de protecție poate să fie folosit și drept conductor de nul de lucru, însă numai pînă în ultimul tablou de distribuție (în sensul transportului de energie), ale cărui borne sau bare de nul sînt legate la instalația de legare la pămînt.

De la acest tablou, spre receptoare, nu mai este permis să se folosească conductorul de nul de protecție drept conductor de nul de lucru și nici cele de lucru drept conductor de protecție.

Notă: De la prezentarea articolului în redacție, condițiile principale expuse s-au concretizat și în noile prescripții în vigoare: STAS 6619–62 și Normativul CSCAS.

DIN EXPLOATARE

Îmbunătățirea construcției lagărelor axiale ale turboagregatelor

Ing. *A. FERENCZ*

Împingerile axiale cauzate de diferențele de presiuni pe elementele rotoarelor turboagregatelor sînt preluate de lagăre axiale de diferite tipuri. Din anul 1905, majoritatea uzinelor constructoare de turbine au trecut la adaptarea lagărului axial tip Michel, care se folosește și azi, trecînd bineînțeles printr-o serie de perfecționări.

Datele statistice privind exploatarea turbinelor cu abur sau cu gaze și a turbosuflantelor arată că din numărul total de avarii 13% se datoresc defectării lagărului axial, iar 2% lagărelor radiale [1]. Este deci clar că lagărele axiale rapide, care funcționează uneori cu viteze periferice pînă la 60 m/s, fac parte dintre organele cele mai nesigure ale acestor agregate.

Astfel se explică faptul că atît în trecut cît și în prezent perfecționarea construcției lagărelor axiale se află în centrul atenției constructorilor de turbine și a cercetătorilor din laboratoarele speciale.

În 1961, în fața colectivului de proiectare al UCMR, în urma alegerii unei turații ridicate (de 6 000 rot/min) la o turbină cu abur de 1 000 kW a apărut necesitatea folosirii unui nou tip de lagăr axial în locul celui vechi, care nu este suficient de sigur în exploatare la asemenea turație.

Pe baza experienței de exploatare a turbinelor cu abur fabricate la UCMR și a unui studiu al altor uzine [1], [3], a fost conceput un nou tip de lagăr axial. După încercarea reușită a primei turbine cu abur înzestrat cu acest tip de lagăr axial, pe standul uzinal, s-a hotărît folosirea acestui tip de lagăr axial și la turbinele destinate antrenării turbosuflantelor.

Avînd în vedere că la repararea sau la modernizarea turbinelor cu abur și a turbosuflantelor existente deseori apare necesitatea înlocuirii totale sau parțiale a lagărelor axiale, se poate presupune că expunerea factorilor care au fost luați în considerare la proiectarea noului tip de lagăr axial, ca și descrierea construcției lui prezintă interes atît pentru întreprinderile de reparații cît și pentru personalul de exploatare al centralelor.

La proiectarea noului tip de lagăr axial au fost analizate, pe rînd, toate neajunsurile lagărelor axiale obișnuite, și pentru eliminarea fiecărui neajuns a fost adoptată o soluție aparte. Prin însumarea acestor soluții a luat naștere noul tip de lagăr axial.

La baza proiectării lagărelor axiale stă metoda de calcul [2] bazată pe aplicarea teoriei hidrodinamice a ungerii pentru condițiile concrete ale lagărelor axiale tip Michel, reprezentată schematic în figura 1.

În acest lagăr, uleiul este introdus în zona centrală, atît pentru ungerea segmenților lucrători cît și pentru a celor nelucrători. Uleiul, sub influența presiunii din conductă, circulă prin canalele dintre segmenți. Uleiul este captat parțial de discul lagărului, pentru formarea filmului de ulei între segmenți și disc. Uleiul care a participat la ungerea segmenților se amestecă cu restul uleiului și este evacuat prin orificiile de scurgere pe partea superioară a carcasei lagărului. Aceste orificii sînt libere și uleiul se scurge din lagăr fără nici o strangulare, deci în interiorul lagărului uleiul are o presiune determinată de înălțimea coloanei de ulei din interiorul lagărului și de rezistența hidraulică a lagărului.

Metoda sus-amintită [2] pentru calculul lagărelor axiale este destul de bine pusă la punct, însă ea este bazată pe fenomenele fizice ce au loc în lagăre cu viteze mici de alunecare. Astfel

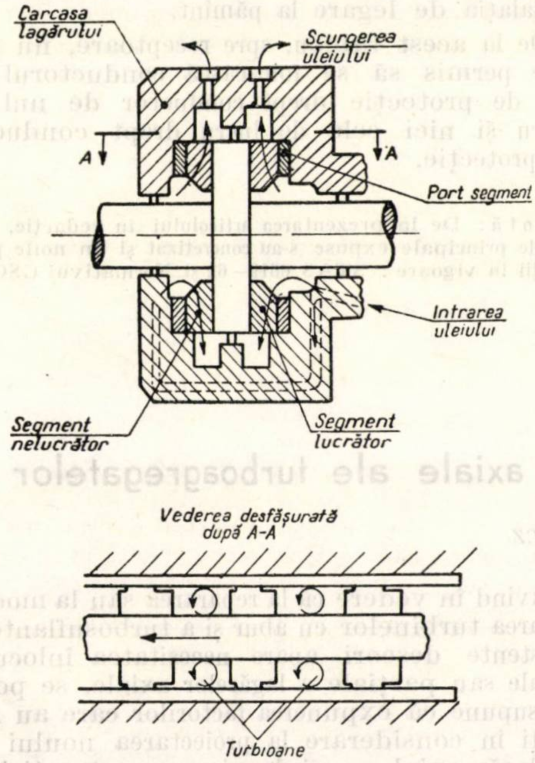


Fig. 1.

se presupune că pelicula de ulei este continuă și incompresibilă, se neglijează transmiterea căldurii prin segmenții și discul lagărului, precum și influența reciprocă în timpul funcționării segmenților vecini.

Avariile frecvente ale lagărelor axiale și încercările de laborator [1] arată că la viteze mari ale discului lagărului axial apar fenomene noi, care nu sînt luate în considerare la deducerea formulelor cunoscute din literatura de specialitate [2].

Actualmente, la dimensionarea lagărelor axiale ca element de bază servește valoarea presiunii specifice admise pe segment. Această valoare uneori se acceptă pe baza practicii de proiectare între limitele 15 și 25 kg/cm², sau se alege după diagrama empirică redată în figura 2, în funcție de viteza medie a discului axial și de coeficientul de „umplere'', m, al lagărului, $m = \frac{z \cdot \varphi}{2\pi}$, unde z reprezintă numărul segmenților lagărului, iar φ — unghiul central al segmenților.

Construcția lagărului axial, arătată în figura 1, a fost și este folosită încă de multe uzine constructoare de turboagregate și de UCMR, cu toate că are o serie de neajunsuri.

Avînd în vedere durata lungă de funcționare a turboagregatelor între două revizii și turația ridicată de funcționare, este necesar să se prevină uzura suprafețelor expuse frecării (suprafața discului și a segmenților), în vederea evitării avarierii turboagregatului, care poate avea loc din cauza unei eventuale anulări a jocurilor dintre părțile rotorului și ale statorului.

Uzura lagărului poate fi prevenită numai dacă se realizează o ungere perfect lichidă între segmenții și discul lagărului axial. Acest lucru este

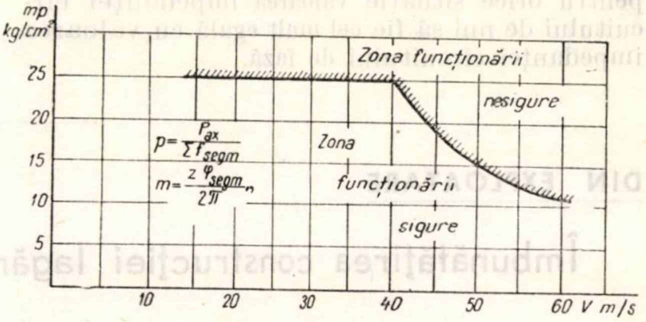


Fig. 2.

posibil dacă se asigură continuitatea filmului de ulei și dacă uleiul este apropiat de starea de incompresibilitate. Practica exploatării turboagregatelor arată că în lagărele axiale cu turația ridicată (3 000 rot/min și mai mult) aceste condiții nu se respectă integral. În realitate, în aceste lagăre apare fenomenul cavitației, al spumării uleiului și formării de gaze. În urma acestor neajunsuri, pe anumite porțiuni ale suprafeței de alunecare uleiul încetează de a mai fi un lichid incompresibil, și în aceste cazuri, de multe ori, filmul de ulei se întrerupe.

Sub influența discului rotitor în lagărul axial se creează un cîmp de viteză și de presiune neuniform.

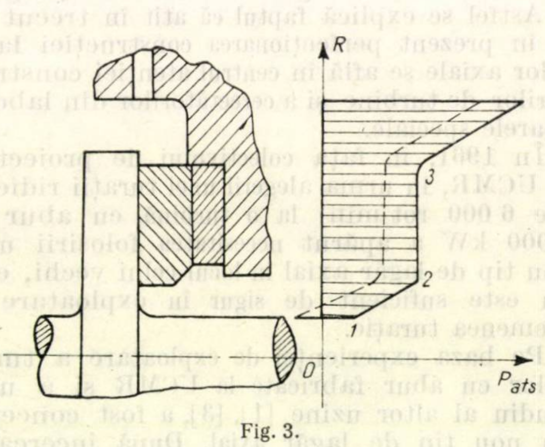


Fig. 3.

În figura 3 se arată variația presiunii uleiului în interiorul lagărului. Se vede că presiunea uleiului crește în direcție radială, de la centrul lagărului spre periferie. Acest lucru se datorește efectului de pompare creat de discul rotitor. Dacă presiunea uleiului la intrare nu este suficient de mare sau dacă scurgerea uleiului din lagăr nu este strangulată, atunci în zona centrală a lagărului se creează vid. Astfel epura presiunilor în punctul *1* (fig. 3) va avea o valoare negativă.

În condiții de exploatare, uleiul de ungere conține întotdeauna o cantitate de aer și gaze dizolvate, umiditate și produse de îmbătrînire. Din cauza creării vidului, uleiul începe să spumeze datorită degajării aerului și gazelor din ulei, precum și evaporării umidității.

Procesul spumării uleiului este favorizat și de apariția turbioanelor locale, care apar în spațiile dintre segmenți. Sub influența discului rotitor, uleiul, care se află în aceste locuri, este antrenat într-o mișcare de rotație cu o axă radială, în urma căreia în interiorul turbionului se creează o diferență de presiune între centru și periferie.

În cazul vitezelor mari ale discului, această diferență de presiune poate fi atît de mare, încît creează și în aceste canale un vid care provoacă spumarea uleiului și între segmenți.

Spumarea uleiului înseamnă transformarea lui într-un lichid compresibil. Volumul uleiului crește de 2—3 ori și incompresibilitatea scade proporțional, prin urmare și capacitatea de portanță a filmului de ulei.

Din cauza spumării, uleiul care intră sub segmenții lagărului nu poate asigura un film continuu, și prin urmare nici o ungere perfect lichidă.

Formarea turbioanelor între segmenți cauzează scăderea vitezei de circulație a uleiului în aceste locuri, și împreună cu formarea spumei îngreuiază evacuarea uleiului și a căldurii de frecare, care contribuie la ridicarea temperaturii din interiorul lagărului.

La intrarea și ieșirea uleiului din canalele dintre segmenți, din cauza schimbării bruște a direcției, în afară de crearea turbioanelor cu axa radială, mai apar și turbioane după colțuri, care, la fel sînt dăunătoare.

Fenomenele descrise mai înainte sînt acelea care impun folosirea presiunilor specifice reduse la proiectarea acestor lagăre și care cauzează avariile frecvente arătate de statistici.

Preocuparea de bază a construirii unui lagăr axial, care trebuie să asigure o ungere lichidă, avînd și o portanță ridicată, este reducerea spumării uleiului și evacuarea spumei.

Acest lucru, în mare parte, se poate realiza prin ridicarea presiunii uleiului din interiorul lagărului, prin mutarea strangulării uleiului de la intrare la ieșirea uleiului din lagăr. Această măsură este bună, însă nu este suficientă. Astfel, putem reduce substanțial evaporarea umidității și degajarea gazelor, însă aerul amestecat și în aceste condiții se degajă din ulei și provoacă o spumare. Este necesară luarea unei măsuri și pentru evacuarea spumei de ulei. În lagărul axial de construcție obișnuită, datorită efectului centrifugal creat de disc, uleiul nespumat, care are o densitate mai mare, este aruncat spre periferie, iar uleiul înspumat și incluziunile de aer rămîn în zona centrală a lagărului.

Neexistînd posibilități de evacuare, zona uleiului înspumat în anumite condiții crește peste limita segmenților și cauzează dispariția filmului de ulei dintre suprafețele de lucru ale lagărului. În asemenea situații crește brusc căldura de frecare. Este clar că urmează ridicarea corespunzătoare a temperaturii, care de obicei depășește punctul de topire al compoziției sau al bronzului, și astfel se declanșează avaria lagărului axial.

Pentru soluționarea evacuării spumei din zona centrală a lagărului, este necesar să fie schimbată circulația fluxului de ulei din interiorul lagărului. Dacă uleiul este introdus în lagăr în sens invers, adică la periferia discului și se evacuează din zona centrală, atunci în canalele dintre segmenți intră totdeauna un ulei mai dens, iar incluziunile de aer, care și așa au tendința de a se aduna în zona centrală a lagărului, sînt imediat evacuate prin scurgerea uleiului (fig. 4). Pentru evitarea turbioanelor după colțurile segmenților, acestea ar fi bine să fie rotunjite, așa cum se vede în figura 5.

Aceste măsuri asigură o funcționare mai bună a lagărului. Portanța lagărului crește în mod substanțial, așa că presiunea de distrugere a lagărului ajunge la 200 kg/cm² și mai mult, în loc de 30—50 kg/cm².

Este necesar să accentuăm că, în cazul lagărelor axiale cu viteza de rotație redusă, efectul de pompare a discului este neglijabil și nu creează vid în zona centrală și nici între segmenții lagărului, prin urmare nici uleiul nu spumează.

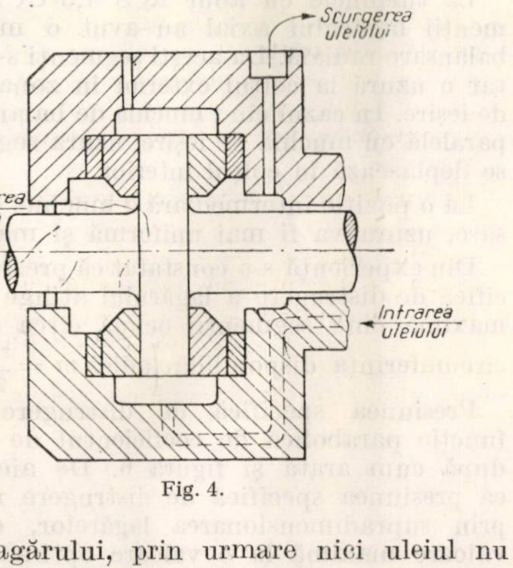


Fig. 4.

În afara măsurilor sus-amintite mai sînt și altele pentru îmbunătățirea funcționării lagărului, ca : alegerea numărului de segmenți în lagăr, a grosimii segmenților și, în anumite cazuri, alegerea materialului segmenților. Precizarea configurației segmenților în planul de alunecare, a valorii excentricității și așezarea muchiei de balansare sînt probleme secundare în privința asigurării capacității de funcționare a lagărelor axiale rapide.

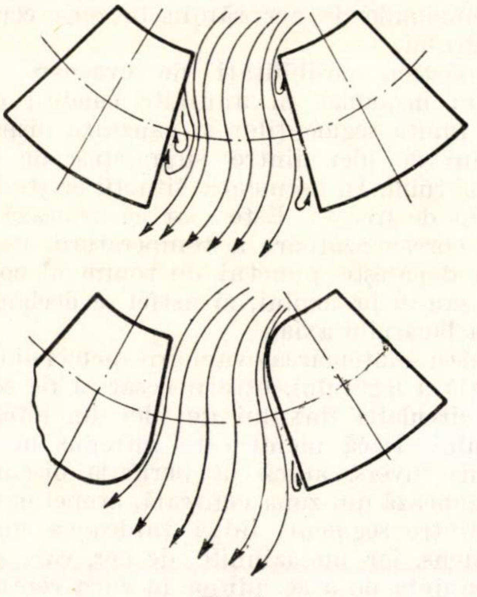


Fig. 5.

Este necesar să se arate că la tipurile vechi de lagăre axiale poziția muchiei de balansare are o importanță mai mare, deoarece la unele regimuri nu se poate asigura o ungere perfectă din cauza spumării uleiului. Din cauza ungerii semilichide pe unele porțiuni ale suprafeței de alunecare a segmenților apar urme de uzură.

La turbinele cu abur ACS 4,5-UCMR, segmenții lagărului axial au avut o muchie de balansare radială. La acești segmenți s-a constatat o uzură la colțul exterior în zona muchiei de ieșire. În cazul cînd muchia de balansare este paralelă cu muchia de ieșire, uzura segmentului se deplasează în colțul interior.

La o poziție intermediară a muchiei de balansare, uzura va fi mai uniformă și mai redusă.

Din experiență s-a constatat că presiunea specifică de distrugere a lagărului atinge valoarea maximă cînd segmenții ocupă circa 50% din circumferința disponibilă $\left(\text{adică } m = \frac{z \cdot \varphi}{2\pi} = 0{,}5\right)$.

Presiunea specifică de distrugere este o funcție parabolică de coeficientul de umplere, după cum arată și figura 6. De aici rezultă că presiunea specifică de distrugere nu crește prin supradimensionarea lagărelor, ci are o valoare maximă la o valoare optimă a coeficientului de umplere. Acest lucru se explică prin faptul că în caz de umplere mai accentuată a lagărului, uleiul care a participat la ungerea unui segment — din cauza intervalului redus între acestea — nu mai reușește să se desprindă de disc și intră sub segmentul următor, unde se încălzește în continuare, și acest fenomen se repetă mai departe. Astfel se îngreuiază schimbarea uleiului activ, lucru care aduce după sine supraîncălzirea suprafețelor de alunecare și avarierea segmenților.

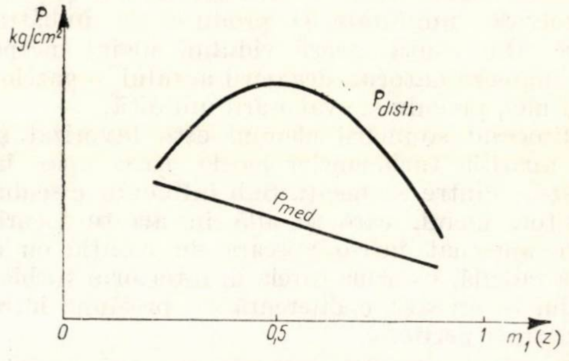


Fig. 6.

În timpul funcționării lagărului, pe suprafața segmenților se creează un cîmp de temperatură neuniformă. Valoarea maximă a temperaturii este atinsă în apropierea muchiei de ieșire. Diferențele de temperatură ce apar pe suprafața de alunecare a segmenților, împreună cu presiunea hidrodinamică a peliculei de ulei, cauzează deformarea suprafeței de alunecare, fapt care aduce după sine atingerea neuniformă a suprafețelor de alunecare și uzura lor din cauza frecării, care uneori ajunge pînă la avarierea lagărului. Grosimea segmentului trebuie să fie aleasă în așa fel ca deformația lui să fie minimă. În cazul lagărelor axiale rapide, această grosime trebuie să fie de 0,45—0,5 din lățime.

Turboagregatele care au rotoarele așezate orizontal au, aproape fără excepție, de preluat în timpul pornirii o împingere axială relativ mică. Astfel, la început va fi un regim cu o ungere semilichidă, care nu periclitează funcționarea lagărului. La turații mari, dacă se asigură o ajustare perfectă a segmenților, se creează o ungere lichidă.

A doua problemă de bază a construirii unui lagăr axial este problema „bătăilor'' discului. Practic este imposibil ca să fie executat un disc fără bătăi axiale. Uzinele constructoare de turbine admit o bătaie maximă de 0,02 mm pe suprafața frontală a discului. Pe disc totdeauna va fi cel puțin o singură porțiune care va avea bătaia maximă. Din această cauză, în timpul funcționării, totdeauna între această porțiune și între segmenți grosimea peliculei de ulei va fi minimă și prin urmare totdeauna segmentul care se află în dreptul acestei porțiuni va prelua o împingere mult mai mare decît ceilalți. Cu cît este mai mare bătaia discului, cu atît mai accentuat se micșorează numărul segmenților activi, și în cazul extrem va funcționa un singur segment.

Asupra supraîncărcării unui număr redus de segmenți sau a unui singur segment au o influență accentuată erorile de centrare și neperpendicularitatea suprafeței de așezare a suportului segmenților față de axa de prelucrare a alezajului lagărului radial, precum și abaterile diferitelor dimensiuni axiale.

Pentru excluderea posibilității funcționării unui singur segment și a uniformizării solicitării segmenților se recomandă folosirea port-segmenților elastici-plastici.

Acești suporți, la o forță oarecare, cedează elastic, iar în cazul apariției încărcării unui număr redus de segmenți (de obicei a doi segmenți) se deformează plastic, asigurînd o nouă poziție de așezare mai favorabilă acestor segmenți. Folosirea acestor segmenți se recomandă și la lagărele oscilante, deoarece și la acestea pot apărea supraîncărcări, de exemplu cînd suprafața port-segmentului nu este suficient de plană și are abateri apărute în timpul exploatării (în urma acțiunii tensiunilor interne remanente).

Folosirea suporților elastici-plastici se recomandă în toate lagărele axiale. Pentru ajustarea culcării neuniforme a discului pe segmenți se recomandă ca suprafețele de alunecare să fie tușate după un rodaj la regimul de mers în gol al turbinei, apoi după funcționare cu o sarcină de 50% față de cea nominală și în fine după cîteva ore de funcționare la mers cu sarcina nominală.

Dacă, față de neuniformități din partea pieselor statorului, inelul elastic-plastic reprezintă o soluție foarte bună, nu același lucru se poate afirma pentru preluarea bătăilor discului axial. Din cauza vitezelor mari, inelul elastic-plastic nu poate urmări bătăile discului rotitor și, dacă acestea au valori prea mari, atunci avarierea lagărului este inevitabilă.

Pentru prevenirea avarierii lagărului axial din cauza bătăilor discului este necesar ca în timpul execuției toleranța de 0,02 mm să nu fie depășită. Se cere, de asemenea, ca tensiunile remanente în discul axial să fie cît se poate de reduse, în vederea evitării deformării lui în timpul exploatării.

Din cele arătate mai sus se poate forma o imagine mai clară asupra fenomenelor ce au loc în lagărele axiale reale.

În lagărele axiale executate ideal are loc o ungere perfect lichidă. În asemenea condiții, materialul segmenților nu joacă nici un rol; o asemenea execuție nu are loc, însă, niciodată, și din cauza motivelor arătate, în timpul funcționării lagărului axial, vor apărea regimuri de funcționare cu ungere semilichidă. Din această cauză, materialul segmenților joacă totuși un rol important. Este nevoie de un material care se rodează cît se poate de bine.

Din acest punct de vedere, cel mai bine corespunde compoziția care se rodează foarte ușor, fapt care duce la egalarea oarecum a presiunilor între segmenți și la evitarea avarierii. Pe lîngă acest avantaj, compoziția are și un mare dezavantaj, și anume: temperatura de topire este prea joasă. Topirea stratului de compoziție aduce după sine deplasarea axială a rotorului și prin urmare avarierea agregatului. În timpul supraîncărcărilor momentane ale lagărului axial (de exemplu la lovituri de berbec), acești segmenți nu rezistă. Din această cauză, în practică mai des sînt folosiți segmenții din bronz fosforos, care, după asemenea supraîncărcări, atît suprafețele segmenților cît și ale discului rămîn suficient de netede, și lagărul își păstrează capacitatea sa de funcționare. Au fost cazuri cînd, după un început de avariere a segmenților, turbina a mai putut funcționa circa 24 ore fără să se uzeze segmenții în continuare.

Pe baza încercărilor efectuate în laborator [1] s-a constatat că în condițiile ungerii lichide cei mai buni sînt segmenții din bronz fosforos avînd un strat subțire de staniu pe suprafața de glisare deja ajustată (0,1—0,2 mm). Acești segmenți sînt ușor rodabili și prezintă o siguranță mare în regimuri de avariere. Încercarea acestor segmenți arată că au o presiune specifică de distrugere mai mare decît cei din bronz fosforos fără acoperire de staniu.

Pe baza celor arătate mai sus se poate înțelege ușor principiul de funcționare a lagărului turbinei TKP-1 UCMR de 1 000 kW (fig. 7).

Presiunea uleiului în lagărul turbinei TKP-1 este de 1 ats față de circa 0,1 ats existentă în lagărele celorlalte turbine de la UCMR. Colțurile segmenților sînt rotunjite. Aceste două măsuri au ca scop reducerea spumării uleiului

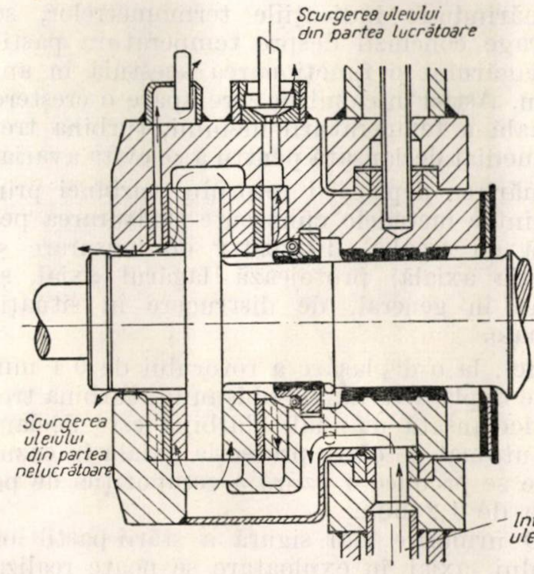

Scurgerea uleiului din partea lucrătoare
Scurgerea uleiului din partea nelucrătoare
Intrarea uleiului

Fig. 7.

în lagăr. Pentru a ușura evacuarea spumei, circulația uleiului în lagăr se face de la periferie către centru.

Segmenții lagărului sînt executați din bronz fosforos EpO Φ-10-1, acoperiți cu un strat subțire de staniu. Bronzul dă o siguranță mai mare în exploatare în cazul regimurilor de avarie, iar staniul ușurează rodarea suprafeței segmenților și contribuie la uniformizarea încărcării lor. Segmenții lagărului sînt montați pe port-segmenți elastici-plastici.

Pentru separarea uleiului de ungere a lagărului axial și radial se folosește un inel de etanșare, căptușit cu un strat de compoziție. Reglarea debitului de ulei pentru ungerea părții active se face printr-o șaibă de strangulare, montată pe partea superioară a lagărului în baia de ulei a termometrului, iar reglarea debitului de ulei, necesar ungerii părții nelucrătoare, se face prin labirinți de ulei montați în corpul lagărului, pe diametrul butucului discului. Pentru măsurarea temperaturii uleiului de ungere a părții nelucrătoare, tot pe partea superioară a lagărului este o baie de ulei alimentată printr-un orificiu cu o secțiune redusă.

Construcția lagărului axial reconstruit al turbinei ACS-4,5 este similară cu cea a turbinei TKP-1. Diferența constă în aceea că evacuarea uleiului din camera părții lucrătoare se face prin lagărul radial din față al turbinei.

Bibliografie

[1] Trifonov, E. V. *Issledovanie raboti bistrohodnih upornih podșipnikov.* În: Razvitie ghidrodinamiceskoi teorii smazki primenitelno s upornîm podșîpnikam skoljenia. Izd. Ak. Nauk SSSR, Moskva, 1959.

[2] Ianovski, M. I. *Konstruirovanie i rasciot na procinost detalei parovih turbin.* Izd. Ak. Nauk SSSR, 1947.

[3] Trifonov, E. V. și Iampolski, S. L. *Povișșenie nadiojnosti upornih podșipnikov parovih turbin.* În: Elektriceskie stanții nr. 9, 1960.

Urmărirea funcționării lagărului axial al turbinelor

Ing. *GH. MILIȚESCU* și ing. *V. CĂPĂȚÎNĂ*

1. Urmărirea în exploatare a lagărului axial al turbinei asigură în bună măsură o exploatare fără avarii a mașinii. În prezent, comportarea lagărului axial se controlează prin temperatura uleiului la ieșirea din regiunea pastilelor active și inactive, precum și indirect, prin urmărirea deplasării axiale a rotorului.

Urmărindu-se indicațiile termometrelor, se pot trage concluzii despre temperatura pastilelor lagărului și funcționarea acestuia în ansamblu. Astfel în cazul în care apare o creștere anormală a temperaturii uleiului, turbina trebuie imediat declanșată pentru a se evita avaria.

Urmărirea deplasării rotorului turbinei prin una dintre metodele cunoscute (măsurarea periodică cu scoaba, dispozitiv de măsurare și protecția axială) protejează lagărul axial, și turbina în general, de distrugere în situații anormale.

Astfel, la o deplasare a rotorului de 0,4 mm față de deplasarea axială obișnuită, turbina trebuie declanșată manual. Turbina este declanșată automat de către protecția axială în cazul în care se produce o uzură a compoziției de pe pastile de 1,2 mm.

2. O urmărire mai sigură a stării pastilelor lagărului axial în exploatare se poate realiza prin măsurarea directă a temperaturii pastilelor cu ajutorul termocuplelor.

Avînd în vedere că pastilele nu sînt egal solicitate, se recomandă să se urmărească temperatura metalului fiecărei pastile în parte. Procedeul de măsurare trebuie să satisfacă următoarele condiții:

a) să fie sigur, evitîndu-se riscul ajungerii conductoarelor de legătură între disc și pastile;

b) să permită o montare și demontare simplă a lagărului axial;

c) să fie simplu, pentru a se putea executa la o oprire de scurtă durată.

În figura 1 se arată una dintre variantele unui astfel de montaj. În această variantă, termocuplele de la fiecare pastilă sînt adunate în mănunchi și scoase printr-o extremitate a lagărului. Este necesar ca mănunchiul ce se obține să fie suficient de rigid și consolidat cel puțin în două locuri pentru a se evita posibilitatea antrenării lui de curentul de ulei înspre disc.

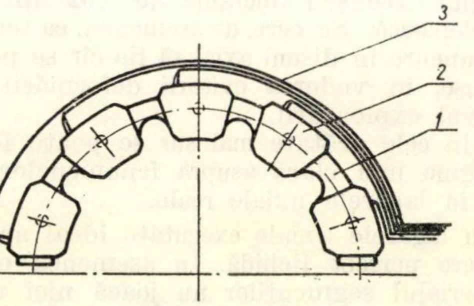


Fig. 1. Inel cu pastile:
1 — inel; 2 — pastilă; 3 — conductoare termocuplă.

Locul și modul de fixare a termocuplei în pastilă cu dimensiunile corespunzătoare sînt arătate în figura 2.

Pentru o mai mare siguranță se recomanda ca bucșa de bronz *3* (fig. 2) să depășească marginea pastilei cu 5 — 8 mm, creînd în felul acesta o siguranță mai mare.

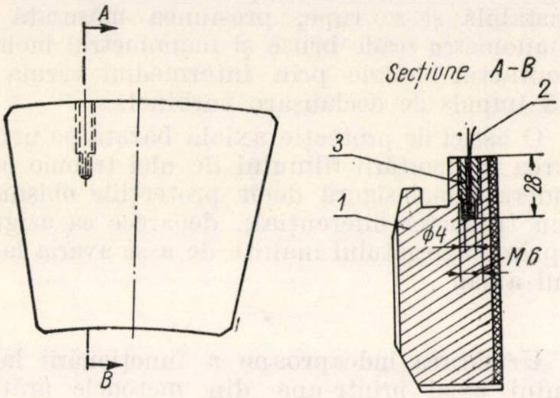


Fig. 2. Pastilă:
1 – pastilă; *2* – conductoare termocuplă; *3* – bucșă.

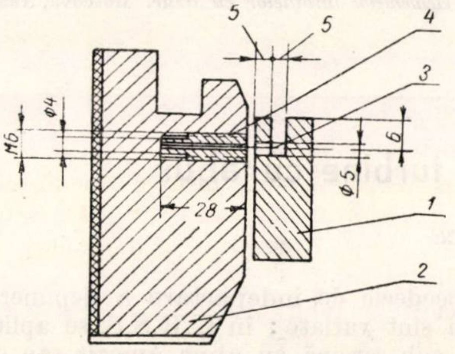


Fig. 3. Secțiune prin pastilă și inel:
1 – inel; *2* – pastilă; *3* – conductoare termocuplă; *4* – bucșă.

O variantă mai bună pentru montarea termocuplelor și scoaterea firelor este arătată în figura 3.

Pentru realizarea acestei variante este necesar să se modifice semiinelele de fixare a pastilelor. În semiinele se execută un canal de 5 × × 6 mm, prin care trec conductoarele termocuplelor. Introducerea termocuplei în pastilă pînă în apropierea stratului de babit se realizează prin spatele pastilei.

Din figura 4 rezultă că această variantă este mai sigură și mai comodă în montarea și demontarea lagărului axial, deoarece tot montajul este închis în pastile și inele.

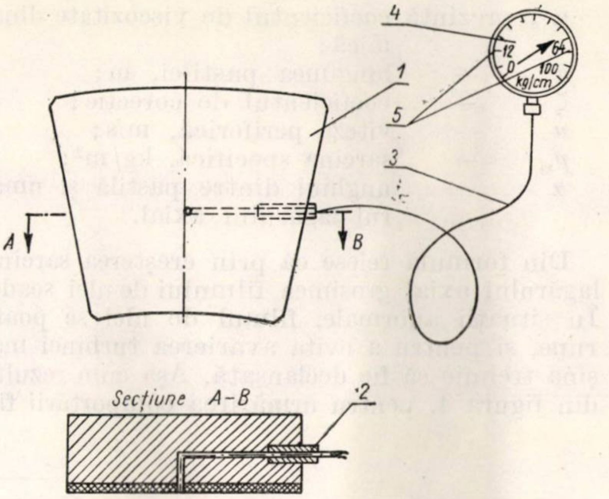
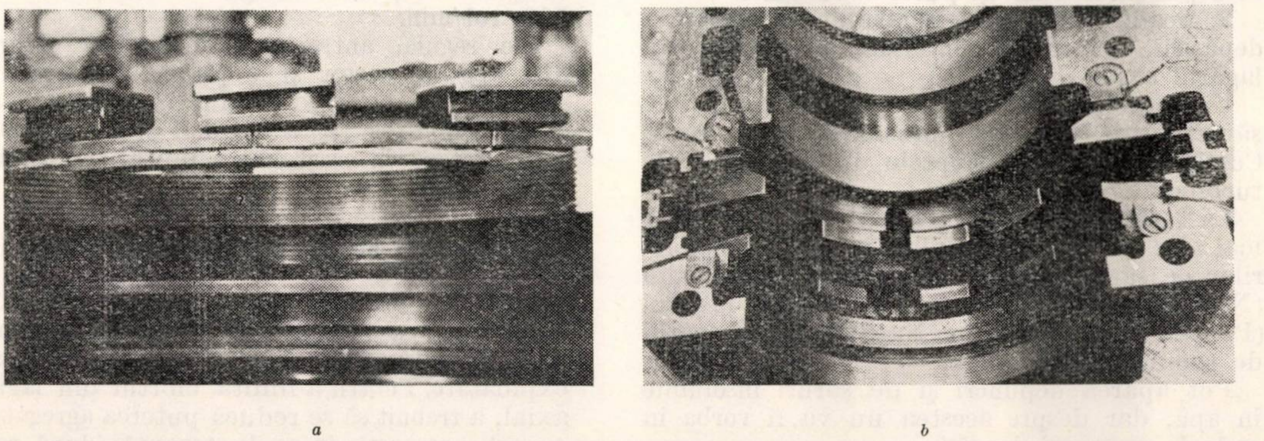


Fig. 4. Controlul filmului de ulei cu ajutorul manometrului:
1 – pastilă; *2* – bucșă; *3* – cablu flexibil de oțel; *4* – manometru cu contact; *5* – contacte electrice.

În cazul în care nu se poate realiza o izolație suficient de subțire a conductoarelor, pentru a se evita executarea unui canal de dimensiuni prea mari (ceea ce ar putea duce la o slăbire inadmisibilă a inelului), se recomandă ca scoaterea conductoarelor să se facă prin două părți ale inelului. În această situație, dimensiunile canalului se pot reduce la jumătate.

Cele două variante descrise mai sus au fost aplicate la turbina de tipul VK-50 și au dat rezultate bune.



a *b*

Fig. 5. Execuția practică a dispozitivului de urmărire a comportării lagărului axial la o turbină VK—50

3. La o turbină de 12 MW, montată într-o centrală din sistemul nostru energetic, comportarea lagărului axial în exploatare se urmărește prin supravegherea filmului de ulei dintre disc și pastilă.

Grosimea filmului de ulei se determină din relația [1]:

$$h_{min} = 0{,}35 \sqrt[1{,}2]{\frac{\zeta \mu u a^{0{,}2}}{p_m \cdot (\mathrm{tg}\, \alpha)^{0{,}8}}},$$

în care:

μ reprezintă coeficientul de viscozitate dinamică;
a — lungimea pastilei, m;
ζ — coeficientul de corecție;
u — viteza periferică, m/s;
p_m — sarcina specifică, kg/m^2;
α — unghiul dintre pastilă și umărul lagărului axial.

Din formulă reiese că prin creșterea sarcinii lagărului axial grosimea filmului de ulei scade. În situații anormale, filmul de ulei se poate rupe, și pentru a evita avarierea turbinei mașina trebuie să fie declanșată. Așa cum rezultă din figura 4, pentru urmărirea comportării filmului de ulei se întrebuințează un manometru cu contact electric, care măsoară presiunea filmului de ulei. Pe măsura încărcării mașinii și deplasării axiale, presiunea filmului de ulei crește. În cazul în care deplasarea axială crește inadmisibil, astfel încît pelicula de ulei devine instabilă și se rupe, presiunea măsurată de manometru scade brusc și manometrul închide contactul electric prin intermediul căruia se dă impuls de declanșare turbinei.

O astfel de protecție axială bazată pe urmărirea comportării filmului de ulei trebuie considerată mai sigură decît protecțiile obișnuite (cu traductor diferențial), deoarece ea asigură oprirea agregatului înainte de a se avaria lagărul axial.

*

Urmărirea îndeaproape a funcționării lagărului axial printr-una din metodele arătate este o condiție necesară în cadrul funcționării turbinelor cu suprasarcină.

Bibliografie

[1] Irițki, G. S. *Construcția și calculul de rezistență a elementelor turbinelor cu abur.* Moscova, 1955.

Spălarea de săruri a unei turbine cu abur

Ing. *VLADIMIR NICU*

În practica exploatării turbinelor, se observă adesea înfundarea căilor de trecere a aburului cu săruri aduse de acesta din cazane.

Consecințele depunerilor de săruri pe palete și ajutaje sînt cunoscute, ele fiind, în principal, următoarele [1]:

1. Se micșorează secțiunea de trecere a aburului, așa încît — presiunea în trepte rămînînd constantă — debitul de abur scade și în mod corespunzător scade și puterea turbinei.

2. Scade siguranța agregatului, ca urmare a depășirii, la sarcina nominală, a efortului din lagărul axial.

Un indiciu sigur al apariției depunerilor de săruri este creșterea presiunii după roata Curtis și la toate treptele intermediare ale turbinei.

La turbinele de joasă și medie presiune apar mai ales componenți solubili în apă ai depunerilor de săruri, cum sînt: carbonatul de sodiu (Na_2CO_3), clorura de sodiu ($NaCl$), fosfatul (P_2O_5), sulfatul de sodiu (Na_2SO_4), bicarbonatul de sodiu ($NaHCO_3$) etc.

Pot apărea depuneri și de săruri insolubile în apă, dar despre acestea nu va fi vorba în cadrul prezentei lucrări.

Procedeele de îndepărtare a depunerilor de săruri sînt variate: în U.R.S.S. se aplică spălarea sub sarcină cu abur umezit sau saturat, în altă parte se folosește spălarea în gol cu abur saturat sau puțin supraîncălzit (cu circa 20°C) de presiune joasă (2—3 at).

La centrala termoelectrică în cauză, pînă în prezent, spălarea depunerilor de săruri se făcea cu abur saturat, la presiunea de 4—5 at cu turbina funcționînd în gol la turația de circa 500 rot/min.

De regulă, antrenarea masivă a sărurilor din apa de cazan și depunerea acestora pe paletele turbinelor se produc în urma depășirii solicitării critice [2] a oglinzii apei din tambur concomitent cu creșterea salinității și alcalinității acestor ape.

Cazul concret al apariției depunerilor de săruri

Încărcîndu-se la sarcina nominală o turbină cu reacție, s-a observat că presiunea la treapta de reglare depășea valoarea normală admisă în exploatare. Pentru a limita efortul din lagărul axial, a trebuit să se reducă puterea agregatului cu 8%, respectîndu-se la treaptă (după roata

Curtis) presiunea maximă admisibilă, aferentă sarcinii nominale. Este vorba de o turbină de 15 MW cu parametrii la intrare 26 ata, 375°C, avînd la treaptă, în condiții normale, presiunea de 15 at. În cazul ultimei depuneri de săruri, la presiunea (după roata Curtis) de 15 at, puterea ce se putea obține era de 13,8 MW.

Spumarea și antrenarea masivă de săruri s-au produs la un cazan de 30 t/h cu un singur tambur. Ca urmare a depunerilor de săruri, temperatura de supraîncălzire a scăzut de la 400°C la 340°C, iar căderea de presiune în supraîncălzitor a crescut de la 0,6 at la 1,62 at, ambii parametri fiind considerați la debitul cazanului de 30 t/h. Motivul spumării a fost depășirea de către personalul de exploatare a debitului de 28 t/h, fixat experimental cu cîțiva ani în urmă, ca limită superioară maximă, pentru a se evita fenomenul respectiv.

Metoda aplicată de spălare a sărurilor

Metoda, care se descrie în cele ce urmează, este comodă, nu comportă pierderi de condensat, permite reducerea cantității de energie nelivrată de către centrală sistemului electroenergetic.

Turbina, care urma să se spele de săruri, consuma abur dintr-o conductă colectoare asupra căreia debitau trei cazane, avînd la un loc aprinse 12 arzătoare. Sarcina turbinei era de 7,5 MW, corespunzînd orei din golul de sarcină al zilei de duminică.

Ansamblul de manevre în care se integrează operația de spălare a sărurilor a fost :

1. Reducerea treptată a focurilor la cazane astfel ca viteza scăderii temperaturii la intrare în turbină să fie mai mică de 2°C/min [1] (după fiecare manevră de închidere a arzătoarelor, presiunea la intrare și sarcina turbinei scădeau corespunzător).

2. Pornirea turbopompei auxiliare de ulei cu abur dintr-o sursă separată (s-a menținut, în acest scop, sub presiune un cazan izolat de sistemul în care se executa reducerea arderii).

3. La sarcina zero s-a deconectat electric generatorul, și după un timp foarte scurt s-a declanșat mecanic.

4. La turația turbinei de 1000 rot/min s-a operat deschiderea treptată a ventilului de admisie a aburului în turbină, închiderea ventilului de la refularea pompei de condensat și deschiderea ventilului de recirculație al acesteia.

5. Pornirea ventilatoarelor de aer și gaze arse, în vederea reducerii și mai rapide a temperaturii aburului la intrarea în turbină.

În figura 1 se dau diagramele t_1 (temperatura la intrare), p_1 (presiunea la intrare), P (sarcina turbinei), n (turația turbinei), t_2 (temperatura la buraj), precum și t_s (temperatura de saturație la p_1) din momentul începerii reducerii focurilor la bateria de cazane și pînă la terminarea spălării de săruri. Întreaga operație a durat 3 ore. Punctele M și N (fig. 1) indică momentul stingerii focurilor la toate arzătoarele, respectiv momentul declanșării electrice și mecanice a grupului turbogenerator.

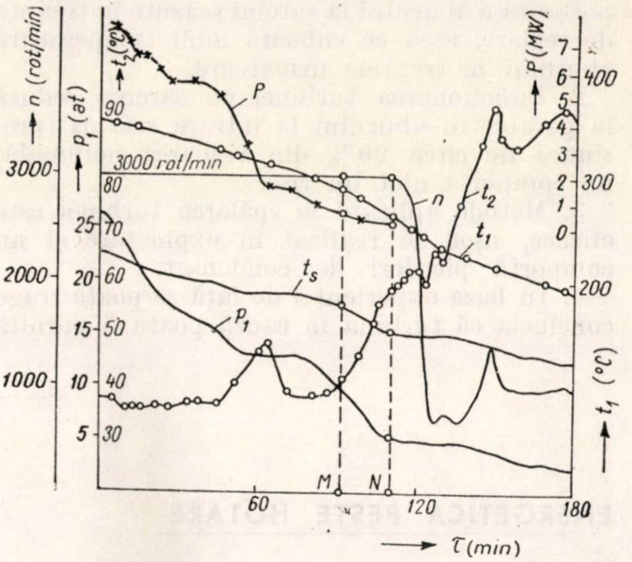


Fig. 1 Variația parametrilor principali ai turbinei în timpul spălării de săruri ;

P – sarcina generatorului electric; p_1 – presiunea la intrare; t_1 – temperatura la intrare; t_2 – temperatura la buraj; n – turația turbinei; t_s – temperatura de saturație la presiunea p_1.

Metoda de spălare descrisă mai înainte a permis realizarea unei viteze de scădere a temperaturii la intrare (conform diagramei t_1) :

$$v_t \cong \frac{t_1 - t_0}{\tau} = \frac{350 - 190}{180} = 0{,}89°\mathrm{C/min},$$

satisfăcîndu-se deci condiția $v_t < 2°\mathrm{C/min}$.

În perioada mersului în gol a turbinei, reglarea temperaturii la buraj, t_2, s-a realizat acționînd asupra admisiei aburului, adică prin variația turației mașinii : atunci cînd temperatura respectivă avea tendința de creștere, se proceda la ridicarea turației, urmărindu-se obținerea de valori, pentru cea dintîi, sub 90°C (valori mai scăzute practic nu s-au putut obține datorită randamentului relativ interior foarte slab la care se producea destinderea aburului). Această măsură de precauție a fost necesară în scopul preîntîmpinării ruperii (datorită tensiunilor termice) țevilor condensatorului și dilatării inadmisibile a părții posterioare a turbinei.

După circa 160 min de la începerea manevrelor, valoarea conductibilității electrice a condensatului a arătat dispariția totală a depunerilor de săruri.

Concluzii

1. Deşi diferenţa medie dintre temperatura aburului la intrare, t_1, şi temperatura de saturaţie, t_s, la presiunea respectivă, a fost de circa 90°C, spălarea prin metoda expusă a fost eficace. Aceasta se explică prin destinderea importantă a aburului la sarcini scăzute în treapta de reglare, ceea ce coboară mult temperatura aburului în treptele următoare.

2. Funcţionarea turbinei cu sarcina redusă la parametrii aburului la intrare scăzuţi (presiunea de circa 20% din valoarea nominală) nu comportă nici un risc.

3. Metoda aplicată la spălarea turbinei este eficace, uşor de realizat în exploatare şi nu comportă pierderi de condensat.

4. În baza experienţei de faţă se poate trage concluzia că turbina în cauză poate fi pornită chiar la parametrii minimi ai aburului la intrare, scurtîndu-se prin aceasta timpul de pornire.

5. După stingerea focurilor, cazanele continuă să debiteze abur supraîncălzit, supraîncălzirea datorindu-se cedării de căldură de către masele metalice şi de către zidăria cazanului.

6. Metoda de spălare a sărurilor descrisă poate fi aplicată cu succes dacă depunerile de săruri n-au atins un grad pronunţat.

Bibliografie

[1] Bunkin, V. I. *Exploatarea instalaţiilor de turbine cu abur.* EES, 1953.

[2] Radattis, C. F., Romm, E. I. ş.a. *Instalaţii de cazane.* EES, 1955.

ENERGETICA PESTE HOTARE

Dezvoltarea energeticii în Republica Democrată Vietnam

Ing. *A. CARABULEA*

Republica Democrată Vietnam, deşi pînă mai curînd ţară colonială cu o industrie inexistentă, a trecut la construirea socialismului. A început să se dezvolte în ritm rapid economia naţională în toate ramurile, punîndu-se un accent deosebit pe dezvoltarea energeticii.

Vietnamul dispune de rezerve suficiente de cărbune şi resurse hidroenergetice pentru a putea dezvolta în special în primul plan cincinal (1961–1965) producţia de energie electrică. Rezervele de cărbune ale ţării sînt evaluate la 10 miliarde tone şi constau mai ales din cărbune de calitate superioară. În unele raioane ale ţării există condiţii pentru exploatarea la zi a cărbunelui.

Potenţialul hidroenergetic al ţării este de circa 13,6 GW. Pe teritoriul Vietnamului curg 1 069 rîuri mici şi mari, cu o lungime totală de 25 424 km. Cel mai mare este Fluviul Roşu, lung de 1 140 km, din care numai 500 km sînt pe teritoriul R.D.Vietnam. Fluviul Roşu are pe teritoriul R. D. Vietnam 510 afluenţi, cu o lungime totală de 11 948 km, cel mai mare dintre ei fiind Rîul Negru, cu o lungime de 910 km, al doilea – Rîul Alb, cu o lungime de 450 km. Potenţialul hidroenergetic al întregului bazin al Fluviului Roşu se cifrează la 10 TWh.

Prezenţa marilor resurse energetice în R.D. Vietnam creează condiţii favorabile pentru dezvoltarea unor mari baze energetice, care la rîndul lor asigură o largă utilizare a bogatelor resurse de materii prime ale ţării.

Pînă la alungarea colonialiştilor francezi în 1954, resursele energetice ale republicii nu erau de loc utilizate, puterea tuturor centralelor din Vietnam în 1939 era de 53 MW cu o producţie anuală de 123 GWh. Exista o singură centrală hidroelectrică cu o putere de 2 MW. Randamentul centralelor era foarte scăzut, iar durata de utilizare anuală a puterii instalate nu depăşea 2 300 ore.

În timpul războiului de eliberare naţională, cele mai multe centrale electrice de pe teritoriul R. D. Vietnam au fot distruse. Datorită muncii susţinute depuse de poporul liber din R.D. Vietnam, pentru îndeplinirea planului de 3 ani (1958–1960) pentru refacerea şi dezvoltarea economiei naţionale, şi datorită ajutorului primit din partea ţărilor de democraţie populară şi în primul rînd ajutorului primit din partea Uniunii Sovietice, s-au refăcut cinci centrale termoelectrice şi s-au construit alte şase; de asemenea s-au pus în funcţiune mai multe centrale Diesel de mică putere. Puterea totală a centralelor electrice în R.D. Vietnam la începutul anului 1961 a atins 102,2 MW. Puterea instalată în prezent în centralele electrice se repartizează astfel: 3% în centralele hidroelectrice şi 97% în centralele termoelectrice.

Evoluția producției de energie electrică a fost următoarea:

1955, GWh	1957, GWh	1959, GWh	1960, GWh
53	121,2	209,5	271

Producția de energie electrică pe cap de locuitor este de 15,8 kWh. Pînă în prezent, marea majoritate a centralelor electrice lucrează izolat, dar este prevăzut ca într-un viitor apropiat ele să fie încadrate într-un sistem energetic național. În toate centralele electrice se utilizează cărbuni superiori cu o putere calorică de 7 500 kcal/kg. Consumul specific de combustibil este în medie de 1,12 kg/kWh. În tabela 1 se dau date privind numărul și puterea principalelor centrale hidroelectrice și termoelectrice care funcționează sau urmează a se construi în R.D. Vietnam.

Tabela 1

Nr. crt.	Numele centralei	Puterea, MW	Producția de energie electrică, GWh
1	CHE Dun	100	380
2	CHE Sa-Pa	0,1	0,3
3	CTE Lao-Gai	8	32
4	CHE Bo	10	30
5	CHE Thak-Kai	280	840
6	CTE Gam	800	3 200
7	CHE Ba Be	50	150
8	CTE Tin-Tuc	0,8	3,2
9	CHE Na-Han	1,4	4,2
10	CHE Ta-Sa	0,77	2,98
11	CHE Na-Hgan	0,78	2,34
12	CHE Kao-Bang	0,6	1,8
13	CHE Dien Bien	0,7	2,1
14	CHE Thak-Ba	120	480
15	CHE Kuang-Ku	17	51
16	CHE Lang-Hit	25	75
16 a	CHE Gam	485	1 580
17	CTE Thai Nguen	36	144
18	CTE Fu-To	0,9	3,6
19	CTE Viet-Ci	22	88
20	CHE Van Ien	800	3 200
21	CTE Hanoi	22,5	90
22	CTE Nam-Dini	7	27
23	CTE Bang-Ziang	12	46
24	CTE Yong-Bi	48	170
25	CTE Hon Tai	13	50
26	CTE Hai Fon I	7	21,5
27	CTE Hai Fon II	10	41
28	CHE Ban Thati	0,96	2,88
29	CTE Ham Rong	0,6	2,4
30	CTE Tani-Hao	7	37
31	CTE Ko Dini	1,5	6,7
32	CTE Vini	8	35
33	CTE Dong Hoi	4	17

În primul plan cincinal privind dezvoltarea economiei naționale (1961–1965), puterea tuturor centralelor electrice din R. D. Vietnam va ajunge la 350 MW. Se formează sistemul energetic Hanoi, care va cuprinde principalele raioane industriale ale țării. Puterea centralelor electrice lucrînd interconectat în acest sistem energetic va fi la sfîrșitul anului 1965 de 300 MW, ceea ce reprezintă 86% din puterea totală. În sistemul energetic Hanoi vor lucra opt centrale cu o putere totală de 163 MW, din care cea mai mare va avea o putere de 48 MW, restul fiind construit din centrale de puteri mai mici. Puterea unitară a grupurilor va fi de 12 MW.

Datorită condițiilor prielnice pentru construirea de centrale hidroelectrice și datorită folosirii blocurilor de beton prefabricate s-a ajuns la reducerea de 2,5 ori a volumului de lucrări la baraje și clădirile centralelor. Această experiență a fost extinsă la construirea CHE Ban-Thati, cu o putere de 960 kW, care a intrat în funcțiune în 1961 și va fi folosită în primul cincinal la construirea centralelor Thak-Ba, Lang-Hit și Kuang-Ku.

Puterea totală a centralelor hidroelectrice în sistemul energetic Hanoi va fi de 120 MW sau 40% din puterea sistemului. În condițiile R. D. Vietnam, dezvoltarea energeticii se leagă din punct de vedere tehnic de rezolvarea tuturor problemelor aferente gospodăriei apelor, ca, de exemplu: rezolvarea problemei inundațiilor, reglementarea transportului pe apă și rezolvarea problemei irigațiilor. Nivelul apelor Fluviului Roșu în perioada inundațiilor se ridică la 10–12 m sau cu 5–8 m mai sus de valea roditoare prin care curge fluviul și pe care este așezat orașul Hanoi. Pentru evitarea inundării au fost ridicate de-a lungul albiei de bază a Fluviului Roșu și al brațelor sale multiple diguri, care însumează peste 3 000 km. La debite foarte mari, digurile, cu toate că se întăresc anual, se rup în unele locuri, cea ce duce la o inundație catastrofală, acoperindu-se sute de mii de hectare teren și mai multe centre populate. La ultima inundație din anul 1945, pe Fluviul Roșu, în punctul Son-Tai, a trecut un debit de 34 500 m^3/s. Construirea în primul cincinal a hidrocentralelor Thai-Ba și Kuang-Ku și mai tîrziu a centralelor hidroelectrice Gam și Thak-Kai va conduce la scăderea debitului Fluviului Roșu în punctul Son-Tai la 8 000 m^3/s. Datorită acestui fapt se va evita repetarea inundației din 1954, care a provocat distrugeri foarte mari. Dezvoltarea irigației este și ea de o importanță deosebită pentru R. D. Vietnam. Construirea hidrocentralelor Lang-Hit și Kuang-Ku va da posibilitatea irigării a 35 000 ha pămînt și a valorificării a încă 40 000 ha pămînt nefolosit în prezent din lipsă de apă. Recolta suplimentară de orez de pe pămîntul irigat poate asigura alimentarea a 600 000 oameni sau 3,8% din populația R. D. Vietnam.

În cel de-al doilea cincinal se prevede o creștere a consumului de energie electrică, legată de dezvoltarea metalurgiei, a industriei ușoare, textile și alimentare. Întreaga putere a centra-

Tabela 2

Nr. crt.	Caracteristici	Gam	Thak-Kai
1	Căderea, m	70/56	50/36
2	Capacitatea anuală a bazinului, m³	10×10^6	9×10^6
3	Puterea instalată, MW	485	280
4	Puterea minimă, MW	350	182
5	Producția anuală de energie electrică, GWh	1 580	970
6	Numărul agregatelor	3	3
7	Volumul lucrărilor, mii m³	420	145
8	Pămînt dislocat, mii m³	1 500	1 000
9	Termen de construcție, ani	3	3

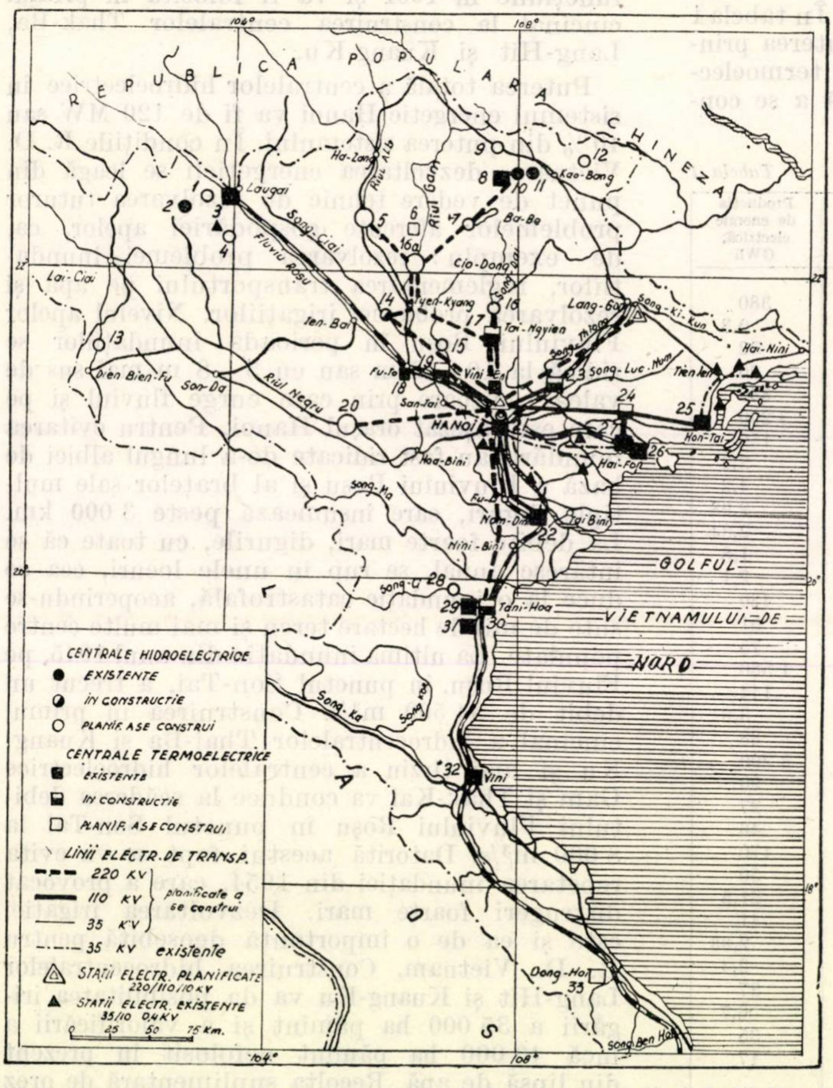

REPUBLICA POPULARĂ CHINEZĂ
HANOI
Laugai
Lai-Ciai
Ien-Bai
Dien Bien-Fu
Son-Da
Riul Negru
Song Ciai
Fluviu Roșu
Cio-Dong
Kao-Bang
Ba-Be
Yen-Kyang
Tai-Ngyien
Fu-To
Vini
San-Tai
Hoa-Bini
Song-Ma
Nam-Dini
Tai-Bini
Hini-Bini
Song-Luc-Num
Hai-Nini
Tien-Ien
Hon-Tai
Hai-Fon
Tani-Hoa
Song-Ci
Vini
Dong-Hoi
Song Ben Hai
GOLFUL VIETNAMULUI DE NORD
104°
108°
20°
CENTRALE HIDROELECTRICE
● EXISTENTE
IN CONSTRUCTIE
○ PLANIF. A SE CONSTRUI
CENTRALE TERMOELECTRICE
EXISTENTE
IN CONSTRUCTIE
□ PLANIF. A SE CONSTRUI
LINII ELECTR. DE TRANSP.
220 KV
110 KV
35 KV
planificate a se construi
35 KV existente
STAȚII ELECTR. PLANIFICATE 220/110/10 KV
▲ STAȚII ELECTR. EXISTENTE 35/10 0,4 KV
0 25 50 75 Km.

Fig. 1. Principalele centrale electrice, stații și linii de transport din R.D. Vietnam:
1 – CHE Dum (10 MW); *2* – CHE Șa-Pa (1 MW); *3* – CTE Lao-Gai (8 MW); *4* – CHE Bo (10 MW); *5* – CHE Thak-Kai (280 MW); *6* – CTE Gam (800 MW); *7* – CHE Ba-Be (50 MW); *8* – CTE Tin Tuc (0,8 MW); *9* – CHE Na Han (1,4 MW); *10* – CHE Ta-Șa (0,77 MW); *11* – CHE Na Ngan (0,78 MW); *12* – CHE Kao Bang (0,6 MW); *13* – CHE Dien Bien (0,7 MW); *14* – CHE Thak Ba (120 MW); *15*–CHE Kuang Ku (17 MW); *16*–CHE Lang Hit (25 MW); *16 a*–CHE Gam (485 MW); *17* – CTE Tai Nguen (36 MW); *18* – CTE Fu-To (0,96 MW); *19* – CTE Viet-Ci (22 MW); *20* – CHE Van Ien (800 MW); *21*–CTE Hanoi (22,5 MW); 22–CTE Nam Dini (7 MW); *23*–CTE Bank-Ziang (12 MW); *24* – CTE Yong Bi (48 MW); *25* – CTE Hon Tai (13 MW); *26* – CTE Hai Fon I (7 MW); *27* – CTE Hai Fon II (10 MW); *28* – CHE Ban Thati (0,96 MW); *29* – CTE Ham Rong (0,6 MW); *30* – CTE Tani Hao (7 MW); *31*–CTE Ko Dini (1,5 MW); *32* – CTE Vini (8 MW); *33* – CTE Dong Hoi (4 MW).

lelor electrice ale R. D. Vietnam la sfîrșitul anului 1970 va fi de 760 MW, iar la sfîrșitul anului 1975 va atinge 1500 MW.

Specialiștii din R. D. Vietnam, în colaborare cu specialiștii sovietici, au terminat în 1960 studiul tehnico-economic al construcțiilor de centrale hidroelectrice pe Rîul Alb și pe afluentul său Gam. După ce au fost cercetate 12 puncte, pe o lungime totală de 12 km, s-au ales cele mai indicate amplasamente pe rîul Gam, în satul Bon-Bong, și pe Rîul Alb, în satul Thak-Kai. Datorită condițiilor favorabile pentru construcția centralelor hidroelectrice, cît și utilizării noilor prefabricate din beton la partea de construcție, s-a ajuns la indicii tehnico-economici ai centralelor hidroelectrice Gam și Thak-Kai redați în tabela 2.

Printre centralele hidroelectrice mari care urmează a se construi se menționează centrala de pe Rîul Negru, care va avea o putere de 800 MW.

În prezent distribuția energiei electrice în R. D. Vietnam se face prin rețele electrice de 35 și 6 kV, a căror lungime totală la începutul anului 1960 era de 560 km. În primul cincinal se prevede construirea a circa 600 km de linii de 110 kV, care vor forma baza sistemului energetic Hanoi. În afară de aceasta, se prevede și construirea a 1 000 km linii de 35 kV. Pentru a racorda centralele hidroelectrice de pe teritoriul țării la sistemul energetic Hanoi, se vor construi în cel de-al doilea cincinal linii de înaltă tensiune de 220 kV sau 330 kV. Construirea liniilor electrice de transport la 110 kV în R. D. Vietnam se face utilizînd stîlpi proiectați de către specialiștii vietnamezi. Asemenea tipuri de stîlpi se fabrică din beton armat și se folosesc în prezent la terminarea liniei 110 kV Buet Ci-Dong Ani.

În ceea ce privește proiectarea liniilor trebuie menționat că în Republica Democrată Vietnam vînturile bat de la mare spre uscat și vehiculează pe o distanță mare în interiorul țării o cantitate însemnată de săruri, astfel că normativele din alte țări privind construcțiile metalice nu corespund condițiilor din R. D. Vietnam. Este necesar să se studieze influența sărurilor asupra liniilor electrice de transport, echipate cu conductoare din aluminiu şi oţel-aluminiu, elaborîndu-se prescripţiile necesare. Specialiştii vietnamezi n-au făcut nici o experienţă în acest sens, deoarece pînă în ultimul timp liniile electrice erau echipate exclusiv cu conductoare de cupru, aduse din import.

O problemă de o importanţă deosebită pentru R. D. Vietnam constă în dezvoltarea construcţiei de maşini şi aparate electrice, necesare instalaţiilor energetice de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice. Pe harta R. D. Vietnam, redată în figura 1, se pot urmări principalele centrale electrice, staţii şi linii de transport care sînt date în exploatare, se construiesc sau urmează a se construi.

Pentru îndeplinirea sarcinilor care vor duce la dezvoltarea energeticii, s-a creat în R. D. Vietnam Ministerul Gospodăririi Apelor şi al Energeticii, însărcinat cu proiectarea, construcţia şi exploatarea centralelor electrice, a staţiilor şi liniilor electrice de transport şi distribuţie.

Documentele celui de-al III-lea Congres al Partidului celor ce muncesc din Vietnam, ţinut în luna octombrie 1960, pun accentul pe dezvoltarea economiei naţionale şi preconizează dezvoltarea în ritm rapid a energeticii.

Bibliografie

[1] Cian-Dong Hao, Frangulian, V. I. şi Valenski, I. P. *Energhetika Demokraticeskoi Respubliki Vietnam.* În : Elektriceskie stanţii, nr. 12, 1961.

[2] Frangulian, V. I. *Linii elektroperedaci Demokraticeskoi Respubliki Vietnam.* În: Energohozeaistvo za rubejom, nr. 6 (decembrie), 1961, p. 44—45.

DOCUMENTARE

Energetică generală

KORNEEV M. I., LITVINOV D. V., TIRIŞKIN V. G. şi OGLOBIN, G. A. : **Turbine cu gaze pentru energetică şi principalele probleme tehnico-ştiinţifice legate de construcţia acestora.** In: Energomaşinostroenie nr.9/1962, p. 1—5.

La începutul anului 1962, în U.R.S.S. s-au construit turbine cu gaze cap de serie de 12, 25 şi 50 MW şi s-a trecut la încercări industriale ale acestora în centrale electrice.

În prezent se fac studii şi cercetări pentru turbine cu gaze de diferite tipuri şi puteri unitare.

Turbinele de 12, 25 şi 50 MW realizate în prezent sînt destinate pentru a funcţiona în zona de bază a sistemelor energetice, la durate de utilizare de 6 000—7 000 h/an şi sînt concepute pentru a realiza randamente ridicate prin funcţionarea pe baza unor scheme complexe cu răcire intermediară, utilizarea regenerativă a căldurii gazelor eşapate şi încălzirea secundară a gazelor. După indicii economici, turbinele cu gaze de 12 şi 25 MW se găsesc la nivelul celor de abur de aceeaşi putere, iar turbina cu gaze de 50 MW se găseşte la nivelul instalaţiilor cu turbine cu abur de 100 MW (130 at, 565°C).

Indicii tehnico-economici ai instalaţiilor de turbine cu gaze sînt redaţi în tabela 1.

În tabela 2 se prezintă indicii economici de calcul pentru centrale echipate cu turbine cu gaze de 12, 25 şi 50 MW.

Deşi, faţă de instalaţiile cu turbine cu abur de aceeaşi putere, turbinele cu gaze de 12 şi 25 MW prezintă avantaje, ca reducerea investiţiilor cu 20—25%, reducerea consumului de metal al instalaţiilor termomecanice cu 50% şi reducerea personalului de exploatare de 2—2,5 ori, aceste instalaţii sînt totuşi scumpe şi ancombrante. Se apreciază că, o dată cu trecerea la fabricaţia de serie a acestor turbine, preţul de cost al acestora se va reduce substanţial.

Tabela 1

Specificaţie	ГТ-12-700 (НЗЛ)	ГТ-25-700 (ЛМ 3)	ГТ-50-800 (ХТГ 3)	ГТ-100-750 (1) (proiect ЛМЗ)	ГТ-100-750 (2) (proiect ЛМЗ)
Putere electrică, MW	12	25	50	100	100
Coeficient total de compresie	6,8	9,4	28	20,1	26,3
Temperatura aerului la regim nominal, °C	15	17	20	17	17
Temperatura gazelor la intrare în turbină, °C	700	700	800/770	750/750	750/750
Grad de regenerare, %	75	75	75	80	—
Randamentul instalaţiei la regim nominal, %	27,8	27,0	33,5	37,2	30,0
Număr de arbori, buc.	1	1	2	2	2
Consum de apă de răcire, m^3/h	650	2 000	4 000	8 000	3 000
Consum de aer, kg/s	83,3	187	2 00	365	400
Căldură livrabilă la termoficare, cu regeneratorul decuplat, Gcal/h	17	35	70	65	80
Greutatea specifică a furniturii uzinei, kg/kW	18	24,5	13,1	13,95	6,45
Dimensiunile sălii maşinilor la dispoziţia transversală : $L \times l \times I$, m	18×30×15	18×36×17	21×27×20	30×37×23	24×40×20
Suprafaţa specifică a sălii maşinilor, m^2/kW	0,045	0,026	0,01	0,011	0,009
Volumul specific al sălii maşinilor, m^3/kW	0,68	0,44	0,227	0,255	0,192
Preţul de cost specific la fabrică, ruble/kW	50	40	32	20	12

Tabela 2

Specificație	Centrală electrică tip cu turbine cu gaze		Centrală de termoficare cu turbine cu gaze
	24 MW	50 MW	400 MW
Puterea unitară a agregatelor, MW	12	25	50
Investiția specifică la puterea instalată, ruble/kW	104	84	66
Consum specific, gcc/kWh	453	458	390
Prețul de cost al energiei electrice, cop/kWh	0,715	0,64	0,28—0,35
Consum de energie electrică pentru serviciile interne, %	1,07	1,95	2,0
Personal de exploatare specific, om/MW	1,5	1,2	0,4

Pe baza instalațiilor de tensiune cu gaze de 12 și 25 MW s-au întocmit proiecte de centrale-tip, destinate pentru funcționarea în sistemele energetice mici și izolate, la periferiile sistemelor energetice pentru menținerea tensiunii în rețea sau în apropierea magistralelor de gaze. Domeniul de utilizare a acestor instalații crește prin folosirea lor pentru livrarea de căldură.

Crearea turbinelor cu gaze de puteri mai mari de 100 MW, pe baza schemelor turbinelor realizate, este limitată în prezent de unele dezavantaje ca: gabarite mari, consum ridicat de metal în special datorită răcitoarelor de aer și recuperatoarelor de căldură, timp lung pentru demaraj din stare rece (2—3 ore), crearea unor compresoare axiale de joasă presiune cu un debit de aer de 350—400 kg aer/s. Aceste instalații nu vor putea concura cu instalațiile de turbine cu abur de 300—800 MW la parametri supracritici prevăzute pentru următorii 10—12 ani.

Tabela 4

Specificație	Puterea blocului, MW		
	200	400	600
Partea de abur			
— Tipul turbinei	K—150—130	K—300—240	K—500—300
— Puterea turbinei, kW	159 100	287 870	450 000
— Consum de abur, t/h	420	784	1 080
— Presiunea aburului, at	130	240	300
— Temperatura aburului, °C	565/565	580/565	650/580/565
Partea de gaze			
— Tipul turbinei	ГТ—30/50—750	ГТ—100—700	ГТ—150—900
— Partea turbinei, kW	33 000	88 600	150 000
— Consum de aer, t/h	614	1 150	1 400
— Presiunea aerului, at	6,6	20,7	35,0
— Temperatura gazelor la intrare, °C	750	750/750	900/850
Indicii blocului			
— Puterea totală, kW	192 100	373 200	600 000
— Randamentul brut, %	43,27	46,2	50,2
— Consum pentru servicii interne, %	2,9	3,12	3,5
— Randamentul net, %	42,02	44,7	48,5

Lucrări teoretice elaborate în U.R.S.S. au arătat că se pot crea scheme mai simple de instalații de turbine cu gaze fără recuperarea căldurii, la presiuni de 70—130 at și temperaturi de 1 200—1 300°C cu puteri unitare mari (200—500 MW), randamente ridicate 38—40% și indici ce pot depăși pe cei ai instalațiilor de turbine cu abur de aceleași puteri la parametrii supracritici ai aburului.

Tabela 3

Denumirea	ГТЭ-26 П	ГТЭ -50 П	
		Cu un ax, fără răcire intermediară	Cu un ax și răcire intermediară
Puterea instalației, MW	25	50	50
Temperatura aerului la intrare în compresor, °C	—5	—5	—5
Coeficient de compresie	6,5	6,5	15,1
Randamentul compresorului, %	86	88	89/87
Consum de aer, kg/s	150	307	241
Temperatura gazelor la intrare în turbină, °C	800	800	800
Randamentul intern al turbinei, %	88	87	90
Randamentul instalației, %	25	25	31
Consum de combustibil, kg/s	2,45	4,93	3,90
Lungimea instalației, inclusiv generatorul electric, m	19	23	26
Suprafața specifică a mașinilor, m^2/kW	0,01	0,006	—
Volumul specific al sălii mașinilor, m^3/kW	0,1	0,06	—
Greutatea, exclusiv generatorul electric, t	107	175	248

Cele mai mari perspective le au însă turbinele cu gaze destinate pentru a funcționa în zona de vîrf a curbei de sarcină a sistemului energetic și pentru rezervă de avarii și revizie.

Aceste instalații sînt simple ca construcție, ieftine, ușor de manevrat, necesită timp scurt de punere în funcționare (12—15 min) și prezintă posibilități de automatizare completă și comandă de la distanță.

În tabela 3 sînt dați indicii instalațiilor cu turbine cu gaze de vîrf de puteri unitare de 25 și 50 MW.

Prezintă interes instalațiile cu ciclu abur-gaze compuse din turbine de abur și gaze tipizate și generatoare de abur de înaltă presiune. Indicii comparativi ai blocurilor de 200, 400 și 600 MW abur-gaze sînt prezentați în tabela 4.

S-au elaborat, de asemenea, scheme de cicluri termice cu amestec abur-gaze care depășesc ca economicitate termică instalațiile cu abur și cu turbine cu gaze cu regenerare de căldură și coeficient mare de compresie. Aceste instalații sînt indicate pentru funcționarea la vîrf în regimuri variabile de putere.

Cercetările ȚKTI au arătat că schemele cele mai eficace abur-gaze sînt cele cu turbine cu gaze fără regenerare, cu coeficient mare de compresie și fără răcire intermediară.

Se evidențiază următoarele concluzii :

— Pentru asimilarea și introducerea în energetică a turbinelor cu gaze este necesară punerea în exploatare a turbinelor cap de serie de 12, 25 și 50 MW.

— Nu este rațională utilizarea pe scară largă a turbinelor cu gaze asimilate, pentru funcționarea la baza graficului de putere a sistemelor energetice, întrucît acestea sînt inferioare, din punct de vedere economic, turbinelor cu abur de mare putere.

— În prezent, are perspectivă utilizarea turbinelor cu gaze la acoperirea sarcinii de vîrf.

— Pentru acoperirea puterii de bază sînt indicate ciclurile de abur-gaze de mare putere, cu generatoare de abur de înaltă presiune.

n. t.

Electroenergetică

ATEMIEV, D. E., BELIAKOV, N. N. BURGSDORF, V. V. și ȘUR, S. S. **Nivelul supratensiunilor interne în rețelele de 110—220 kV.** În: Elektriceskie stanții, 33 (1962), nr. 11, p. 43—48.

Deoarece aprecierea mărimii supratensiunilor interne capătă tot mai multă însemnătate pentru alegerea rațională a nivelului izolației utilajului de înaltă tensiune și ținînd seamă de progresele realizate în construcția paratonerelor, au fost inițiate studii largi pentru determinarea nivelului de supratensiuni interne în rețele. Cercetările efectuate au avut caracter statistic (530 declanșări și 240 anclanșări) și s-au efectuat cu diverse tipuri de întreruptoare :

A, cu ulei mult și camere de suflaj longitudinal, 110 kV,
B, idem la 220 kV ;
C, cu ulei puțin și camere de suflaj transversal, 110 kV ;
D, cu ulei mult, cu camere cu multe întreruperi, la 110 kV, dotate cu rezistențe de șuntare, 1,5 kΩ/fază ;
E, cu aer comprimat, 110 și 220 kV, modern, cu suflaj longitudinal cu aer ;
F, cu aer comprimat de fabricații vechi (pentru comparație).

Încercarea la declanșare a liniilor în gol a arătat că unele întreruptoare prezintă un număr însemnat de reaprinderi (A, B), altele dau pînă la trei reaprinderi (C, F). Cu toate acestea, nivelul supratensiunilor poate atinge valori de 3 *Uf* fără a fi influențat de numărul reaprinderilor. Supratensiunile sînt mai mari în partea către linie decît în partea spre bare. Deși influența lungimii liniilor asupra supratensiunilor este greu de determinat, se poate arăta că numărul reaprinderilor nu variază cu lungimea liniei.

Supratensiunile scad în cazul existenței pe bare a unei linii paralele, datorită compensației reciproce a sarcinilor liniilor în momentul reaprinderii.

Prezența rezistențelor de șuntare care se introduc în circuit la conectare și deconectare este o măsură deosebit de eficace pentru reducerea supratensiunilor. De asemenea, întreruptoarele moderne cu aer comprimat, de regulă, nu dau reaprinderi.

Prezența transformatoarelor de tensiune conectate pe linii poate avea influență esențială asupra supratensiunilor la deconectări, deoarece creează o cale suplimentară pentru scurgerea sarcinii de pe linii. Această măsură limitează sensibil supratensiunile la reaprinderi și permite ca acestea să poată fi neglijate în cazul RAR.

În cazul liniilor dotate cu RAR, supratensiunile pot atinge limita superioară a valorilor întîlnite (de 3 ori și mai mult). Ele apar atît la întreruptoare cu multe reaprinderi cît și la cele fără reaprinderi. Numai în cazul întreruptoarelor cu rezistențe de șuntare, supratensiunile la RAR pot fi neglijate.

La deconectarea transformatoarelor în gol de către întreruptoare cu aer comprimat (deionizare rapidă a spațiului) au fost măsurate supratensiuni pînă la 3,75 *Uf*. Acestea pot provoca funcționarea paratonerelor.

În cazul deconectării liniilor de care sînt legate bloc cu transformatoare, supratensiunile se reduc simțitor. În cazul acestor linii însă, trebuie luate în considerare, pe lîngă supratensiunile de scurtă durată (2—3 per.), și cele prelungite, datorate apariției și deconectării unui scurtcircuit trifazic pe partea de joasă tensiune a transformatorului, la punerea sa sub tensiune (apropiere de rezonanță). Supratensiunile de durată cuprind un domeniu larg de tensiuni și pot apărea destul de des.

Studiul a arătat că curbele probabilității supratensiunilor între faze prezintă valori mai mici decît cele ale supratensiunilor față de pămînt. Cercetările efectuate au arătat că în viitorul apropiat este posibilă trecerea la un nivel de izolație sensibil redus pentru instalațiile de 110—220 kV, o dată cu utilizarea întreruptoarelor moderne și a unor măsuri suplimentare.

em. c.

KOZÎREV, B. I. **Calculul gradului de nesimetrie capacitivă a unei rețele de 35 kV și transpoziția liniilor pe barele stațiilor.** În : Elektriceskie stanții, 33 (1962), nr. 11, p. 49—52.

Cel mai avantajos regim al unei rețele electrice care funcționează cu compensarea curentului capacitiv este reglarea unei bobine de stingere în rezonanță. Acest regim poate fi împiedicat de dezechilibrarea tensiunilor fazelor în raport cu pămîntul, datorită deplasării neutrului. Tensiunea de deplasare a neutrului în rețele cu bobine de stingere este determinată de nesimetria capacitivă a rețelei. Reducerea nesimetriei tensiunilor pînă la valoarea de 0,75% din tensiunea de fază, prevăzută de PET (U.R.S.S.), poate fi realizată prin egalizarea capacităților față de pămînt pe calea transpoziției liniilor pe barele stațiilor.

Pe baza exemplului concret al studierii nesimetriei tensiunilor într-o rețea de 35 kV ramificată și a reducerii acestei nesimetrii în limitele prevăzute de prescripții, se trage concluzia că pentru rețelele existente de 35 kV, ce funcționează cu compensarea curentului capacitiv, este recomandabilă efectuarea calculelor pentru determinarea influenței fiecărei linii a rețelei asupra gradului general de nesimetrie, iar rețelele electrice care nu satisfac prescripțiile în ceea ce privește tensiunea de nesimetrie trebuie să fie transpuse pe barele stațiilor.

Conectarea liniilor noi la rețelele de 35 kV deja transpuse trebuie efectuată numai după calcularea preliminară a tensiunii de nesimetrie și după determinarea fazării corespunzătoare a conductoarelor.

em. c.

BOICIUK, S. I.: **Experienţa de realizare a schemei buclate într-o reţea electrică urbană de 6 şi 0,38 kV.** In: Elektriceskie stanţii, 33 (1962), nr. 12, p. 43—46.

Datorită necesităţii de a mări capacitatea de transport a unei reţele urbane, în concordanţă cu creşterea sarcinilor, în 1958—1959 a fost studiată posibilitatea modernizării schemei reţelei. Schema aleasă iniţial a fost schema cu o buclă de 6 kV şi cu reţea de 0,38 kV buclată pe un distribuitor. Ulterior s-a definitivat alegerea schemei buclate pe joasă şi înaltă tensiune, care prezintă avantaje tehnice şi economice. Schema a fost aleasă fără automate de reţea, protecţia fiind asigurată prin siguranţa de tip deschis, cu fuzibile selective.

Experienţa trecerii reţelei existente la funcţionare buclată pe joasă şi înaltă tensiune şi a exploatării acestei reţele a arătat următoarele:

Trecerea la reţea buclată la 6 şi 380 V necesită cheltuieli suplimentare de circa 10% în raport cu schema cu o buclă la 6 kV şi cu buclare pe distribuitor la 380 V.

Protecţia reţelei buclate de 6 kV poate fi asigurată cu siguranţe de producţie normală, cu fuzibile, pentru un acelaşi curent nominal şi aceeaşi caracteristică, instalate în toate nodurile reţelei. La punctul de alimentare, protecţia poate fi scoasă de pe întreruptoare şi poate fi înlocuită cu siguranţe înseriate cu întreruptoarele.

În nodurile reţelei se recomandă instalarea separatoarelor de sarcină.

Pentru determinarea şi separarea locului de punere la pămînt monofazică s-a folosit conectarea la pămînt printr-un întreruptor cu ulei a unei faze sănătoase în momentul apariţiei semnalizării „pămînt". Această metodă s-a dovedit utilă şi poate fi recomandată pentru aplicare practică.

Trecerea la schema buclată la 6 şi 0,38 kV într-o reţea urbană a ameliorat regimul de tensiuni în aceasta şi a redus pierderile de energie în reţea. Operaţiile de trecere sînt relativ simple şi nu necesită cheltuieli însemnate.

em. c.

GREISUH, M. V.: **Despre tensiunea sursei de alimentare a întreprinderilor industriale.** In: Elektricestvo, 83, (1962), nr. 12, p. 76—79.

În articol se demonstrează că în majoritatea cazurilor de alimentare a întreprinderilor industriale este mai avantajoasă alegerea tensiunii 10,5 kV în locul tensiunii 6,3 kV, chiar şi în condiţiile actuale în care tensiunea de 660 V nu este încă introdusă, iar motoarele de 10 kV se execută pentru puteri peste 1000—1250 kW. Soluţia de 10,5 kV este mai avantajoasă decît cea de 6,3 kV atît ca investiţii cît şi ca cheltuieli anuale şi consum de metale neferoase.

În vederea stabilirii soluţiei mai avantajoase se consideră că alegerea tensiunii de alimentare depinde în principal de distanţa medie faţă de centrul de sarcină (l), de puterea consumată de motoarele de înaltă tensiune (a) şi de partea din această putere care poate fi folosită direct la 10 kV (a_1). Pentru aceasta a fost aleasă o schemă simplă de alimentare a barelor consumatorului în cele două ipoteze (6,3 şi 10,5 kV) — bare simple alimentate prin doi fideri cu reactoare. În funcţie de densitatea economică de curent au fost stabilite astfel puterile care pot fi distribuite la 6,3 kV şi respectiv la 10,5 kV.

Au fost, în continuare, analizate separat investiţiile necesare, pierderile de putere, cheltuielile de calcul, consumul de metale neferoase, toate raportate la 1 kVA putere distribuită.

Pentru fiecare dintre categoriile analizate au fost determinate funcţii $l = f\ (a,\ a_1)$ pentru cazul în care soluţia de distribuţie la 10,5 kV este mai avantajoasă. Astfel pentru investiţii s-a tras concluzia că adoptarea tensiunii de 10,5 kV pentru distribuire în cadrul unei întreprinderi este avantajoasă dacă puterea relativă (raportată la puterea totală) consumată de motoarele de înaltă tensiune nu depăşeşte 30—40%, independent de distanţa dintre sursa de alimentare şi consumator.

Calculul efectuat pentru cheltuielile teoretice de calcul a arătat că soluţia de 10,5 kV este mai avantajoasă dacă este respectată relaţia:

$$1 \geqslant \{\, a\,[2,6 - 0,9\ a_1/a] - 0,7\,\}\ [\mathrm{km}]\,.$$

Dacă sarcina relativă a motoarelor de înaltă tensiune nu depăşeşte 35—40%, după cheltuielile de calcul rezultă că în toate cazurile soluţia de 10,5 kV este mai avantajoasă decît cea de 6,3 kV.

În afara avantajelor economice rezultate, tensiunea de 10,5 kV mai prezintă şi alte avantaje: simplificarea extinderii centralelor şi staţiilor prin conectarea noilor generatoare şi transformatoare la 10 kV; se reduc curenţii de scurtcircuit pe bare, pierderile de energie în reactoare etc.; se reduce numărul liniilor, întinderea reţelei de cablu şi cantitatea instalaţiilor de înaltă tensiune, se simplifică instalaţiile pentru transportul energiei în cadrul întreprinderii (cabluri sau bare conductoare).

Introducerea tensiunii de 660 kV în industrie va favoriza şi mai mult alegerea tensiunii de 10,5 kV pentru distribuţia industrială.

em. c.

Morel, J., Robert Moser şi Robert Marie: **Protecţia contra electrocutării realizată cu ajutorul disjunctoarelor diferenţiale de mare sensibilitate.** În: Revue générale de l'Electricité **71**, nr. 11, 1962, p. 471—482.

Se arată că în instalaţiile de joasă tensiune se pot folosi cu rezultate satisfăcătoare disjunctoare diferenţiale care asigură în mod automat protecţia contra electrocutărilor a personalului care atinge reţeaua sub tensiune. Protecţia are drept scop reducerea duratei de trecere a curentului prin corpul omenesc.

Autorul face o serie de consideraţii privind acţiunea fiziologică a curentului electric asupra corpului omenesc şi indică limitele la care este adaptat disjunctorul, astfel încît intervenţia să pună în afară de orice pericol personalul în contact cu reţeaua electrică. Se prezintă caracteristicile disjunctorului şi se arată că durata maximă admisibilă de trecere a curentului prin corpul omenesc depinde de valoarea acestui curent. Dacă rezistenţa corpului omenesc este de 500 Ω, atunci la o distribuţie de 127 V sau 220 V curentul maxim este de 254 mA, respectiv 440 mA.

În aceste condiţii, declanşarea trebuie să aibă loc după 0,025 s pînă la 0,03 s. Pentru o întrerupere mai puţin rapidă, aparatul nu poate asigura securitatea oamenilor în contact. Se fac precizări asupra valorii curenţilor limită, care, în anumite situaţii din exploatare, trebuie să aibă valori mult mai mici ca cele indicate mai sus. În articol se prezintă schema de montare a aparaturii şi se descriu atît părţile componente ale disjunctorului cît şi modurile de conectare în diverse instalaţii de mică şi mare putere.

Disjunctorul se compune dintr-un dispozitiv care asigură funcţionarea diferenţială asociat cu un releu de declanşare a mecanismului. Aparatele pentru asigurarea protecţiei diferenţiale de mare sensibilitate se realizează în două variante:

a) disjunctoare — aparate cu putere mare de rupere, care se folosesc în locurile unde, pe lîngă o protecţie împotriva electrocutării, este necesară şi o protecţie contra suprasarcinii şi contra scurtcircuitelor;

b) întreruptoare — aparate cu putere de rupere limitată, care nu comportă decît un dispozitiv diferenţial de protecţie contra electrocutării.

În instalaţiile mici este suficient un singur aparat montat pe coloana principală din care derivă plecările spre consumatori, iar în instalaţiile mari este indicat să se utilizeze întreruptoare sau disjunctoare pe fiecare plecare pentru a limita întreruperea curentului numai la circuitul avariat.

a. c.

Termoenergetică

LEVIN, A. V. și SPIRIDONOV, K. A.: **Despre supraîncărcarea turbinelor cu abur.** În: Elektriceskie stanții, nr. 10, (1962), p. 26—28.

Toate turbinele cu abur fabricate de uzinele L.M.Z. și H.G.T.Z., cu excepția turbinei K—300—240 de 300 MW, sînt astfel concepute, încît asigură puterea nominală la reducerea, în anumite limite, a parametrilor aburului viu sau la ridicarea temperaturii apei de răcire pînă la 33°C. Practica a arătat însă că agregatele energetice sovietice funcționează un număr foarte mic de ore în asemenea condiții, diferite de cele normale.

Ținînd seamă de acest lucru și avînd în vedere importanța economică a folosirii la maximum a tuturor posibilităților agregatelor existente, s-au efectuat o serie de încercări practice de lungă durată, pentru a se vedea, pentru fiecare turbină în parte, care este sarcina maximă pe care aceasta o poate da în condiții normale de exploatare, lucru care se analizează în articolul de față. Experiențele care au început din anul 1954 au condus la concluzia că puterea tuturor turbinelor de mare putere, construite de L.M.Z. și H.G.T.Z., poate fi mărită cu 7—48%, în funcție de tipul turbinei. În tabela următoare se dau valorile concrete privind supraîncărcarea turbinelor cu abur, menționîndu-se că aceasta se face fără nici o modificare a turbinei.

Tipul turbinei	Puterea, MW***		Supraîncărcarea (față de puterea nominală) %	Presiunea maximă în camera treptei de reglare, at*
	nominală	maximă		
VK—25—1	25	30	20	43
VK—50—1(2)	50	57,5	15	55
VK—100—2(5)	100	115	15	55
SVK—150—1	150	160	7	109
VK—50—3	50	55	10	73
VK—100—6	100	110	10	73
VT—25—4	25	30/35	40	57
VPT—25—3	25	30/37	48	53
AP—25—2	25	25/32	28	24
VPT—50—2	50	55/65	30	68**
VPT—50—3	50	55/65	30	90**
VP—25—31—3	25	30	20	60**
VP—25—18—4	25	30	20	60**

* Circuitul regenerativ în funcțiune.
** Presiunea după a 5-a supapă de supraîncărcare.
*** Pentru turbine cu prize reglabile, numitorul corespunde funcționării cu prizele reglabile închise, iar numărătorul – cu prizele deschise.

gh. c.

ABELIOVICI, Iu. I.: **Folosirea condensatoarelor turbinelor drept boilere în vederea termoficării.** În: Elektriceskie stanții 33, (1962), nr. 10, p. 80—81.

Se prezintă problemele legate de trecerea unei turbine cu condensație de 25 MW, avînd două corpuri, în regim de termoficare și se arată modificările executate la condensator în scopul folosirii lui drept boiler de bază. Turbina avînd parametrii de 26 at și 375°C are debitul nominal de 120 t/h. Pentru trecerea în regimul de termoficare s-a înlocuit rotorul corpului de joasă presiune cu un arbore intermediar, îndepărtîndu-se totodată diafragmele. Aburul destins în corpul de înaltă presiune parcurge corpul de joasă presiune reamenajat, fiind introdus în condensator. Pentru micșorarea temperaturii aburului se prevede posibilitatea injectării de condensat în conducta de legătură între cele două corpuri.

Camerele de apă ale condensatorului au fost consolidate prin ancorări suplimentare urmînd să funcționeze la o presiune de 5 at. În scopul asigurării posibilității de preluare a dilatațiilor mărite ale țevilor de răcire, una din camerele de apă a fost racordată la corpul condensatorului prin intermediul unui compensator.

În urma trecerii la regimul de termoficare s-au obținut următorii parametri :

Debitul de apă de circulație, t/h	1432
Sarcina turbinei, MW	12,8
Debitul de abur, t/h	109,6
Contrapresiunea, ata	1,57
Temperatura aburului, °C	120
Temperatura apei la intrare, °C	62,5
Temperatura apei la ieșire, °C	101.4
Temperatura condensatorului, °C	112

Etanșeitatea condensatorului, pe partea de apă, nu a avut de suferit.

i. g.

VELLER, V. H. și KIRAKOSIANȚ, G. A.: **Sistemul de reglare cu apă al turbinelor K — 150—300 HTGZ.** În: Teploenerghetika **9** (1962), nr. 11, p. 10—18.

Folosirea uleiului în sistemul de reglare al turbinelor prezintă un accentuat pericol de incendiu, ținînd seama de defecțiunile ce pot surveni la conductele de ulei aflate sub presiune. Pericolul de incendiu crește odată cu mărirea puterii turbinelor și creșterea parametrilor aburului viu, — presiunea în conductele de impuls la turbinele de mare putere atingînd 12—20 at.

Pentru prima dată în lume uzinele HTGZ, în colaborare cu VTI, au pus la punct folosirea apei drept agent de lucru la sistemele de reglare hidraulice ale turbinelor. După experimentarea prealabilă realizată la unele grupuri de 25 MW, la care sistemul de reglare a fost reconstruit în acest scop, — s-a decis adoptarea cu ocazia construirii noului tip de agregat K-150-130 a sistemului de reglare cu apă. Drept fluid de lucru se folosește condensatul provenit de la pompele de condensat ale grupului. Descriindu-se avantajele noului sistem de reglare se arată totodată principalele etape legate de punerea la punct a acestuia. De mare importanță a fost alegerea unor materiale rezistente la coroziune și uzură. A fost cercetată influența ancrasării pieselor de pe urma substanțelor ce pot surveni în condensatul turbinelor. Sînt prezentate particularitățile elementelor principale ale sistemului de reglaj.

Calitățile noului sistem de reglare au fost confirmate atît de probele făcute în regimul de lucru normal al turbinei cît și cu ocazia încercărilor de aruncare a sarcinii.

i. g.

KOROLKOV, I. I.: **Încălzirea păcurii prin inducție la descărcarea din cisternele de cale ferată.** În: Energhetik **7** (1962), p. 14—15.

Pe două cărucioare — stînga-dreapta — mobile în direcție transversală axului cisternei, sînt montate spirele în semicerc cu ajutorul a două carcase semicilindrice realizate din fier lat și cornier. Racordarea între capetele spirelor se face prin sistemul baionetă. Tensiunea electrică folosită poate fi : 120—220—380 V. La cisterne de 50 t și pentru o temperatură exterioară de —15°C se montează 3 × 25 spire care iau o putere de 160 kW. După o oră, se deschide ventilul de golire. Golirea totală se termină în 5 ore; temperatura metalului ajungînd la 80°C, evacuarea se face complet. Prin aplicarea acestei metode la o centrală din Leningrad rezultă că timpul necesar descărcării este de 2,5—3 ori mai scurt, iar cheltuielile sînt de 3—3,5 ori mai reduse.

c. d.

GLAUBITZ, F.: **Experiența de trei ani de exploatare cu exces de aer foarte redus la arderea păcurii.** În: Energie nr. 11 (1962), p. 459—461.

Principalele rezultate din experiența de ardere a păcurii în cazanele din CTE Lingen sînt:

1. La un exces de aer de 1% (conținutul de O_2 în gazele de ardere 0,2%), nu apare CO.
2. Arzîndu-se păcuri diferite (și cu orice conținut de S) cu cantități de aer egale practic cu cele teoretice (exces de aer 1,0—0,5%) nu apar nici depuneri de funingine și nici coroziuni de niciun fel și deci nu este nevoie de curățiri periodice pe traseul gazelor arse.
3. Primul cazan, pus în funcțiune în 1959 și însumînd un total de 24 000 h de funcționare cu păcură cu un conținut de S de 2,5—3% n-a fost supus la nici o curățire sau suflare și în prezent este perfect curat.
4. Procentul de CO_2, fiind foarte apropiat de cel teoretic (15,8%), nu se urmărește criteriul de reglare a regimului de ardere după conținutul de O_2.
5. Compoziția gazelor arse n-a provocat avarieri de țevi.
6. La un exces de aer de 1% ($O_2 = 0,2\%$), punctul de rouă este destul de jos și nu depinde de conținutul de S din păcură. La un exces de aer de 5% ($O_2 = 1\%$) punctul de rouă crește pînă la 100—120°C și devine puternic dependent de conținutul de S.
7. Munca personalului de exploatare este ușurată la un astfel de regim de ardere.
8. Variațiile de sarcină ale centralei sînt preluate de un singur cazan; la acest cazan conținutul de O_2 oscilează între 0,1% și 0,3%.
9. Ardere bună se poate obține cu oricare dispoziție a injectoarelor dacă se respectă condiția importantă ca flăcările să nu se jeneze reciproc; din acest punct de vedere rezultate optime se obțin cu dispoziția injectoarelor în colțuri.
10. În concluzie, arzînd corect păcura se pot evita total coroziunile de joasă temperatură și depunerile exterioare, ceea ce creează posibilitatea construirii de cazane cu temperatura gazelor arse la ieșire de 100°C și cu randament de ordinul 95%.

c. d.

MANNY, E. H.: **Rezolvarea problemelor de ardere a păcurii prin reducerea excesului de aer.** În: Power, 106, (1962), nr. 11, p. 70—71.

În Europa arderea păcurii cu exces mic (1—3%) pentru evitarea coroziunilor a ieșit din faza de experiență.

În S.U.A. aplicarea acestei metode este mai timidă, deși se apreciază că ea simplifică rezolvarea problemelor: depuneri în zona temperaturilor ridicate, coroziuni de înaltă temperatură a țevilor și suporților supraîncălzitorului, coroziuni de joasă temperatură și înfundarea economizorului și preîncălzitorului de aer. Deși în R.F.G. există tendința să se standardizeze construirea injectoarelor cu exces mic de aer, în S.U.A. se apreciază că mai sînt de rezolvat:

— combaterea scăderii temperaturii de supraîncălzire,

— aplicarea metodei și la sarcini variabile într-un diapazon larg (Glaubitz garantează pentru centrala Lingen domeniul 100—50%),

— realizarea unei repartiții uniforme între injectoare a păcurii și aerului,

— garantarea că reducerea pierderilor q_2 acoperă pierderile q_3 rezultate din apariția inevitabilă a CO în procente mici.

În centrala nouă Fawley, patru cazane vor fi echipate fiecare cu cîte 32 injectoare speciale cu exces de aer practic zero.

c. d.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.22.004.15
Munteanu, R. : **Достижения ТЭЦ Парошень в отношении бесперебойной и экономичной работы**
Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 241–246

ДК 621.54 :621.53.001
Czerveny, I. : **Ряд соображений относительно выбора турбин для разряжения газов транспортируемых по турбопроводам**
Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 247–252

ДК 621.3.072.6/8
Manea, F. и *Ionescu, S.* : **Учёт автотрансформаторов при расчете потери мощности в сетях электроэнергетических систем**
Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 253–255

ДК 621.316.13.016.313
Lazăr, H. и *Buhuş, P.* : **Расчётный метод определения смещения нейтрали в сетях с катушкой погашения**

В статье выводится уравнение — более общее по сравнению с приведенными до настоящего времени в литературе — допускающее определение колебания напряжения нейтралей в зависимости от степени расстройки катушки. Это уравнение послужило для разработки графо-аналитического метода для определения напряжения нейтрали в найболее общих случах и при пониженином объеме работы.

Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 255–261

ДК 621.316.933 :621.3.027.4
Sufrim, M. : **Соображения относительно эффективности защиты заземлением и защиты занулением на электрических установках с рабочим напряжением до 1 000 в**

Освещаются основные принципы, лежащие в основе обеих защитных методов, применяемых против поражений током, возникающих при контакте с деталями электрического оборудования, не находящимися в нормальных условиях под напряжением, но у которых напряжение может возникнуть в результате разрушения изоляции оборудования: заземление и зануление. Указаны свойства, преимущества и недостатки каждого метода отдельно и при их совместном применении, причем приводятся выводы относительно величин заземлительных устройств и допускаемых напряжений.

Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 261–271

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДК 621.822 :621.165.001
Ferencz, A. : **Усовершенствования конструкции упорных подшипников турбоагрегатов**

Довольно часто упорные подшипники турбоагрегатов подвергаются авариям, с последующим выходом из строя. Основной причиной аварии является необеспечение жидкой смазки между рабочими поверхностями подшипников. Освещаются явления возникающие в упорных подшипниках и даются конструктивные решения для предупреждения аварий.

Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 261–276

ДК 621.822.165.004.5
Miliţescu, Gh. и *Căpăţînă, V.* : **Наблюдение за работой осевой опоры турбин**
Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 276–278

ДК 621.165.004.5
Nicu Vl. : **Отмывка солей на паровой турбине**
Energetica (*11*) 1963, № 6, стр- 278–280

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ДК 621.311.1.(5)
Carabulea, A. : **Развитие энергетики в Демократической Республике Выетнам**
Energetica (*11*) 1963, № 6, стр. 280–283

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.22.004.15
Munteanu, R. : **Erhöhung der Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit des Wärmekraftwerks Paroşeni**
Energetica *11* (1963), H. 6, S. 241–246.

DK 621.54 :621.53.001
Cserveny, I. : **Betrachtungen zur Wahl von Entspannungsturbinen für Fernleitungsgas**
Energetica *11* (1963), H. 6, S. 247–252.

DK 621.072.6/8
Manea, F. und *Ionescu, S.* : **Berücksichtigung der Spartransformatoren bei Berechnung von Leistungsverlusten in Verbundnetzen**
Energetica *11* (1963), H. 6, S. 253–255.

DK 621.316.016.313
Lazăr, H. und *Buhuş, P.* : **Berechnungsverfahren von Nullpunktverlagerungen bei gelöschten Netzen**

Die Berechnung der Schwankungen der Nullpunktspannung wird mittels ihrer Beziehung zum Verstimmungsgrad der Löschspulen ermöglicht. Diese allgemeiner gefasste, bisher im Schrifttum nicht erwähnte Beziehung wurde zur Aufstellung eines neuen, geringen Arbeitsaufwand erfordernden Verfahrens für Bestimmung der Nullpunktspannung in normalen Fällen verwendet.

Energetica *11* (1963), H. 6, S. 255–261.

DK 621.316.933 :621.3.027.4
Sufrim, M. : **Betrachtungen über die Wirksamkeit des Überspannungsschutzes mittels Erdung und Nullung bei elektrischen Anlagen mit Betriebsspannungen bis 1000 V**

Es werden die Grundlagen der Erdung und Nullung als Schutzverfahren gegen elektrische Schläge infolge Berührung normalerweise spannungsloser Teile elektrischer Anlagen, die durch Isolierschäden unter Spannung gesetzt sind erörtert. Merkmale, Vor- und Nachteile jedes Verfahrens und ihre kombinierte Verwendung werden untersucht, wobei Schlussfolgerungen über die Werte der Erde und der zulässigen Berührungsspannungen gezogen werden.

Energetica *11* (1963), H. 6, S. 261–271.

AUS DEN ELEKTRIZITATSWERKEN

DK 621.822 :621.165.001
Ferencz, A. : **Verbesserung des Axiallagerbaus von Turboaggregaten**

Bei Axiallagern von Turboaggregaten entstehen oftens Schäden, welche die Stillegung der Turbinen zur Folge haben. Meistens ist der Mangel einer flüssigen Schmierung zwischen den Wirkflächen der Lager Ursache der Schäden. Die in den Axiallagern stattfindenden Vorgänge werden mit Angabe konstruktiver Lösungen für Beseitigung der Störungen dargestellt.

Energetica *11* (1963), H. 6, S. 271–276.

DK 621.822 : 621.165.004.5
Miliţescu, Gh. und *Căpăţînă, V.* : **Beobachtung der Arbeitsweise von Turbinenaxiallagern**
Energetica *11* (1963), H. 6, S. 276–278.

DK 621.165.004.5
Nicu, Vl. : **Entfernung von Salzablagerungen in Turbinen**
Energetica *11* (1963) H. 6, S. 278–280.

ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 621.311.1.(5)
Carabulea, A. : **Entwicklung der Energiewirtschaft in der Demokratkisehen Republik Vietnam**
Energetica *11* (1963), H. 6, S. 280–283.

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.311.22.004.15

Munteanu, R. : **Réalisations de la Centrale Thermique de Paroşeni pour assurer la sécurité et l'économie du fonctionnement**

Energetica, *11* (1963), no. 6, p. 241—246.

CD 621.54 :621.53.001

Cserveny, I. : **Quelques considérations sur le choix des turbines pour la détente des gaz transportés par conduits**

Energetica, *11* (1963), no. 6, p. 247—252.

CD 621.3.072.6/8

Manea, F. et *Ionescu, S.* : **Considération des autotransformateurs dans le calcul des pertes de puissance des réseaux interconnectés**

Energetica, *11* (1963), no. 6, p. 253—255.

CD 621.316.13.016.313

Lazăr, H. et *Buhuş, P.* : **Méthode de calcul pour la détermination du déplacement du neutre dans les réseaux équipés avec une bobine d'extinction**

Les auteurs ont obtenu une relation — plus générale que celles rencontrées jusqu'à présent dans la littérature technique — qui donne la possibilité de déterminer la variation de la tension du neutre en fonction de degré de désaccordage de la bobine.

A l'aide de cette relation ils ont élaboré une méthode graphique-analytique pour déterminer facilement la tension du neutre dans les cas les plus généraux.

Energetica, *11* (1963), no. 6, p. 255—261.

CD 621.316.933 :621.3.027.4

Sufrim, M. : **Considérations sur l'efficacité de la protection par mise à la terre et par mise au neutre dans les installations électriques utilisant une tension de service jusqu'à 1000 V**

L'article présente les principes fondamentaux des deux méthodes de protection : mise à la terre et mise au neutre, utilisées contre les électrocutions par contact avec les parties de l'équipement électrique qui d'habitude ne sont pas sous tension, mais qui accidentellement peuvent être mises sous tension à cause des dérangements de l'isolation de l'équipement.

L'auteur montre les propriétés, les avantages et les désavantages de chaque méthode, ainsi que de leur utilisation combinée et il présente ses conclusions sur les valeurs des prises de terre et des tensions de contact admissibles.

Energetica (*11*) 1963, no. 6, p. 261—271.

DE L'EXPLOITATION

CD 621.822 :621.165.001

Ferencz, A. : **Amélioration de la fabrication des paliers axiaux des turbogénérateurs**

Les paliers axiaux présentent souvent des défections provoquant l'arrêt des turbogénérateurs. Le manque de graissage liquide entre les surfaces de contact des paliers axiaux constitue la cause principale des défauts survenus. L'auteur expose les phénomènes qui se produisent dans les paliers axiaux et propose des solutions constructives pour éliminer les défections.

Energetica, *11* (1963), no. 6. p. 271—276.

CD 621.822 :621.165.004.5

Miliţescu, Gh. et *Căpăţînă, V.* : **Surveillance du fonctionnement du palier axial des turbines**

Energetica, *11* (1963), no. 6., p. 276—278.

CD 621.165.004.5

Nicu, Vl. : **Lavage des sels d'une turbine à vapeur**

Energetica, *11* (1963), no. 6, p. 278—280.

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621.311.1.(5)

Carabulea, A. : **Développement de l'énergétique dans la République Démocratique du Viet-Nam**

Energetica, *11* (1963), no. 6, p. 280—283.

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.311.22.004.15

Munteanu, R. : **Thermal Power Plant Paroşeni obtains efficient and reliable operation**

Energetica *11* (1963), no. 6, p. 241—246.

DC 621.54 :621.53.001

Cserveny, I. : **Some considerations on the choosing of turbines for the expansion of gas transported by pipeline.**

Energetica *11* (1963), no. 6, p. 247—252.

DC 621.3.072.6/8

Manea, F. and *Ionescu, S.* : **Autotransformers in the power loss calculation in interconnected networks**

Energetica *11* (1963) no. 6. p. 253—255.

DC 621.316.13.016.313

Lazăr, H. and *Buhuş, P.* : **Calculation method for determining neutral drift in networks equipped with arc supression coil**

A relation — more general than those previously mentioned in the technical press — is shown, allowing to determine the neutral voltage variation according to the detuning degree of the coil. This relation was used to elaborate a grapho-analytical method for determining easely neutral voltage in general cases.

Energetica *11* (1963), no. 6, p. 255—261.

DC 621.316.933 :621.3.027.4

Sufrim, M. : **Efficiency of electrical equipment protection with working voltages up to 1000 V, by earthing and by neutral point connexion**

The basic principles of both protection methods : earthing and null connexion, used against electrocutation by contact of normally non-energized parts of the electrical equipment, that may be accidentally energized in case of insulation faults, are presented in this article. Each method is investigated as also their combined use and conclusions are drawn about earth electrodes and allowable contact voltages.

Energetica *11* (1963), no. 6, p. 261—271.

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.822 :621.165.001

Ferencz, A. : **Progress in the construction of turbo-generator axial bearings**

Turbo-generator axial bearing defects often stops the machines. The main cause of these defects is the faulty liquid lubrication of bearing contact surfaces. The author presents the phenomena taking place in axial bearings and gives constructive solutions to avoid defects.

Energetica *11* (1963), no. 6, p. 271—276.

DC 621.822 :621.165.004.5

Miliţescu, Gh. and *Căpăţînă, V.* : **Supervision of turbine axial bearing**

Energetica *11* (1963), no. 6, p. 276—278.

DC 621.165.004.5

Nicu, Vl. : **Salt deposit washing of steam turbines**

Energetica *11* (1963) no. 6, p. 278—280.

ENERGETICS ABROAD

DC 621.311.1(5)

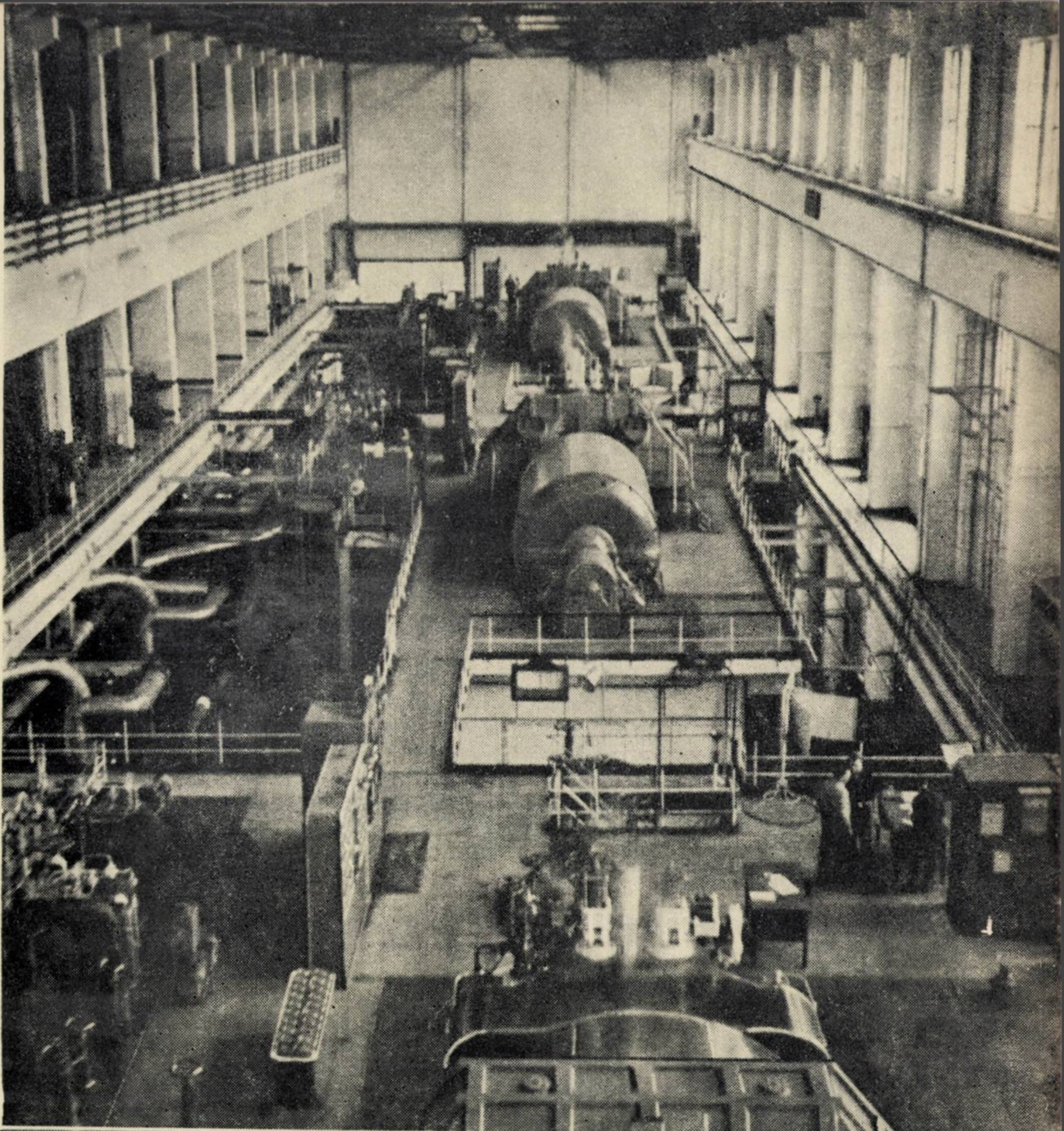
Carabulea, A. : **Power development in the Democratic Republic Vietnam**

Energetica (*11*) 1063, no. 6, p. 280—283.

DOCUMENTATION

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

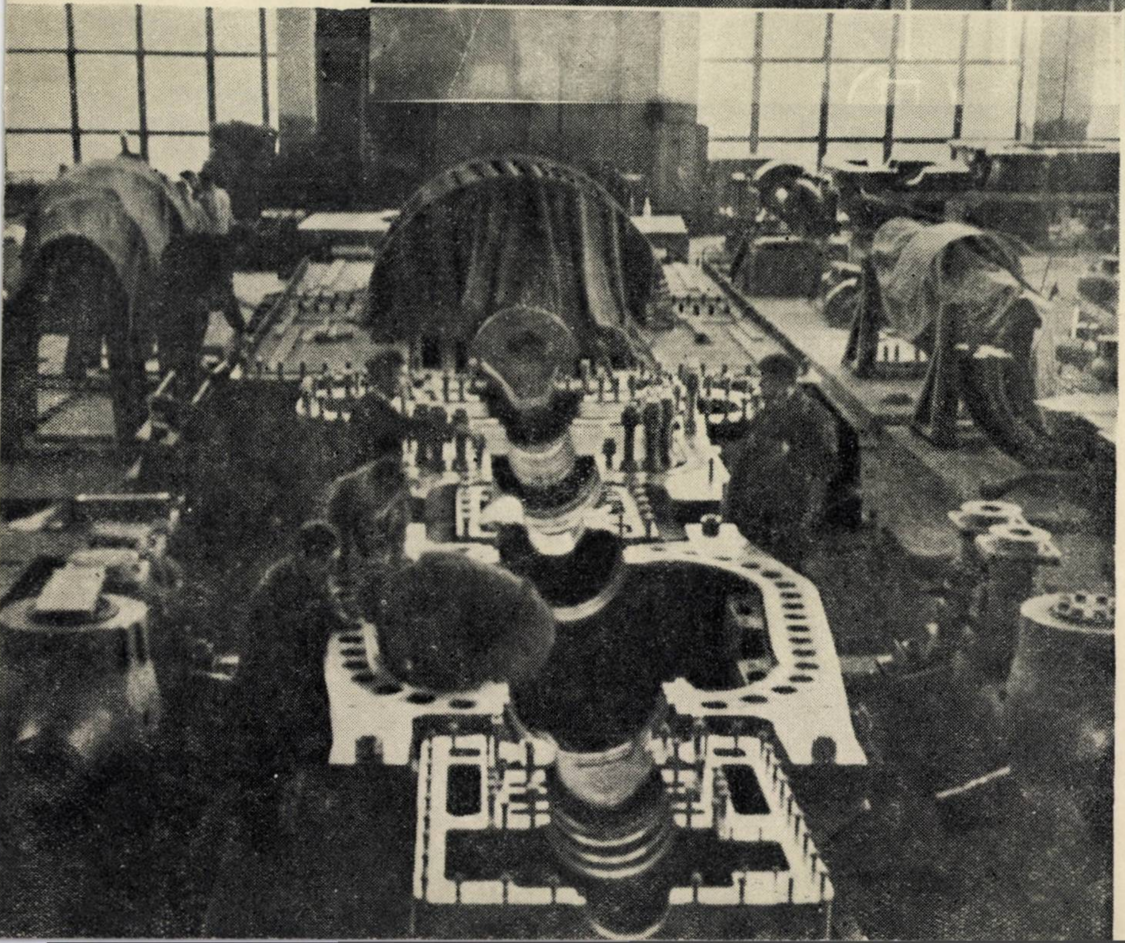
IMCE



Sala turbinelor

Întreprinderea de Montaje Centrale Electrice creează condiţii muncitorilor şi cadrelor tehnice de a se specializa în lucrări de montaj de:

- **Cazane de abur de parametri înalţi**
- **Turbine de abur pînă la puteri de 150 000 kW**
- **Turbine hidro de cele mai variate tipuri**
- **Motoare Diesel stabile**
- **Instalaţii electrice pînă la 400 000 Volţi**



Turbină în montaj

RADIORECEPTORUL
„ORIZONT"
PRODUS DE UZINELE
Electronica

VĂ OFERĂ
O AUDIȚIE PLĂCUTĂ CU
PERFORMANȚE SUPERIOARE
ÎNTR-O PREZENTARE
MODERNĂ ȘI ELEGANTĂ

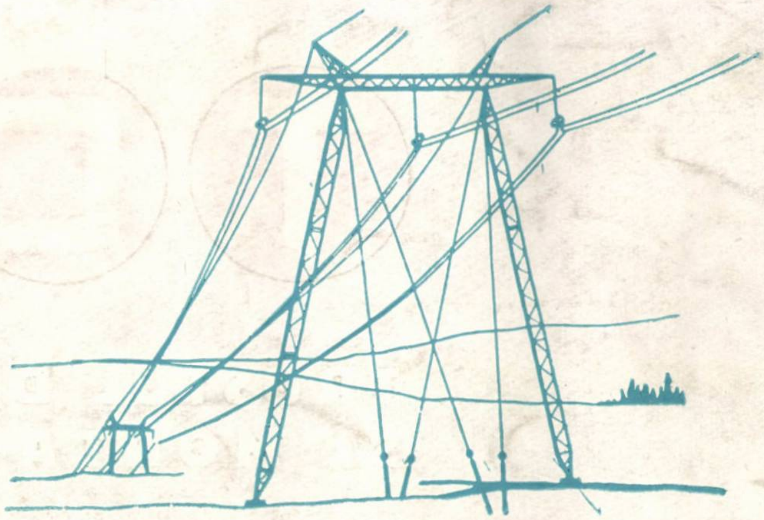
- ▲ 5+2 tuburi electronice
- ▲ 5 game de unde
- ▲ claviatură cu 7 clape
- ▲ indicator optic de acord
- ▲ reglaje separate de ton

E 2039

R

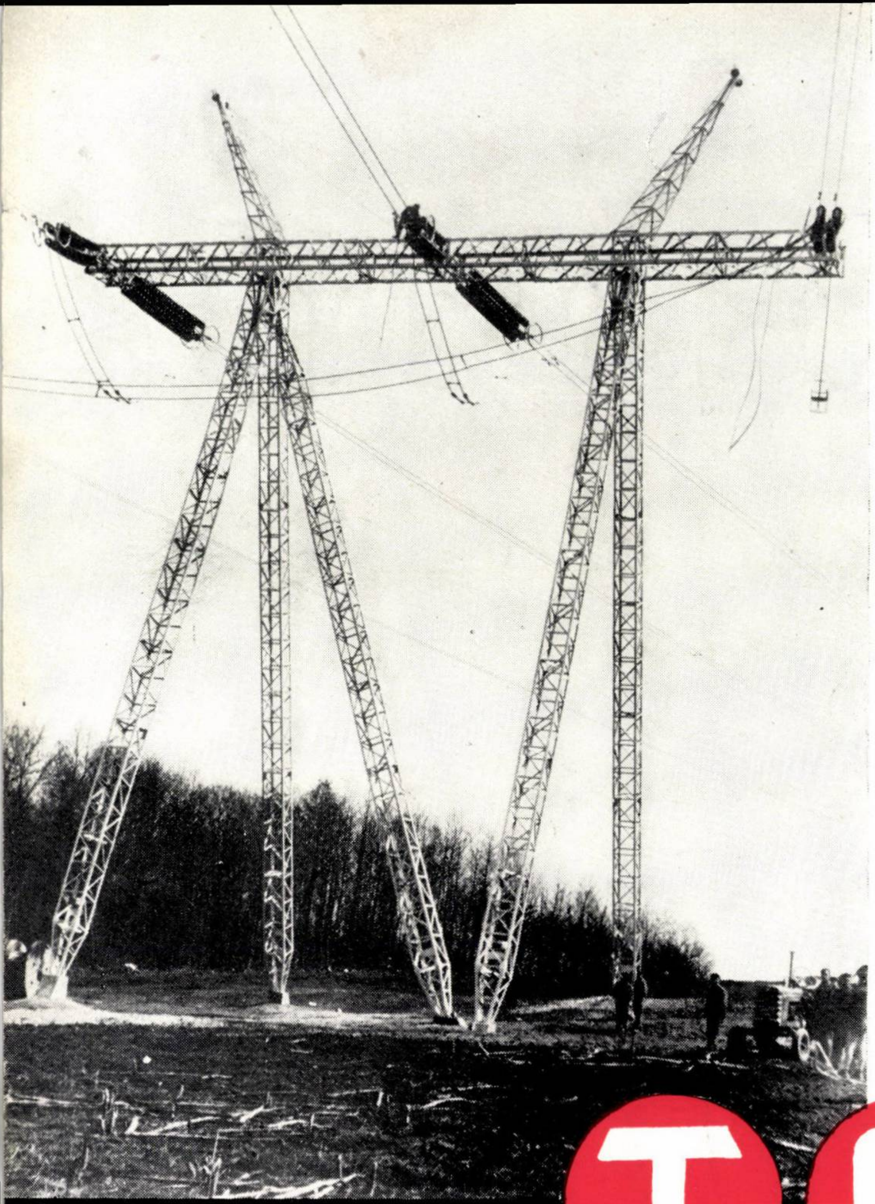
ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 7 ★ ENERGETICA



7

BUCUREŞTI ★ IULIE ★ 1963



Linie electrică de 400 kW
în construcție

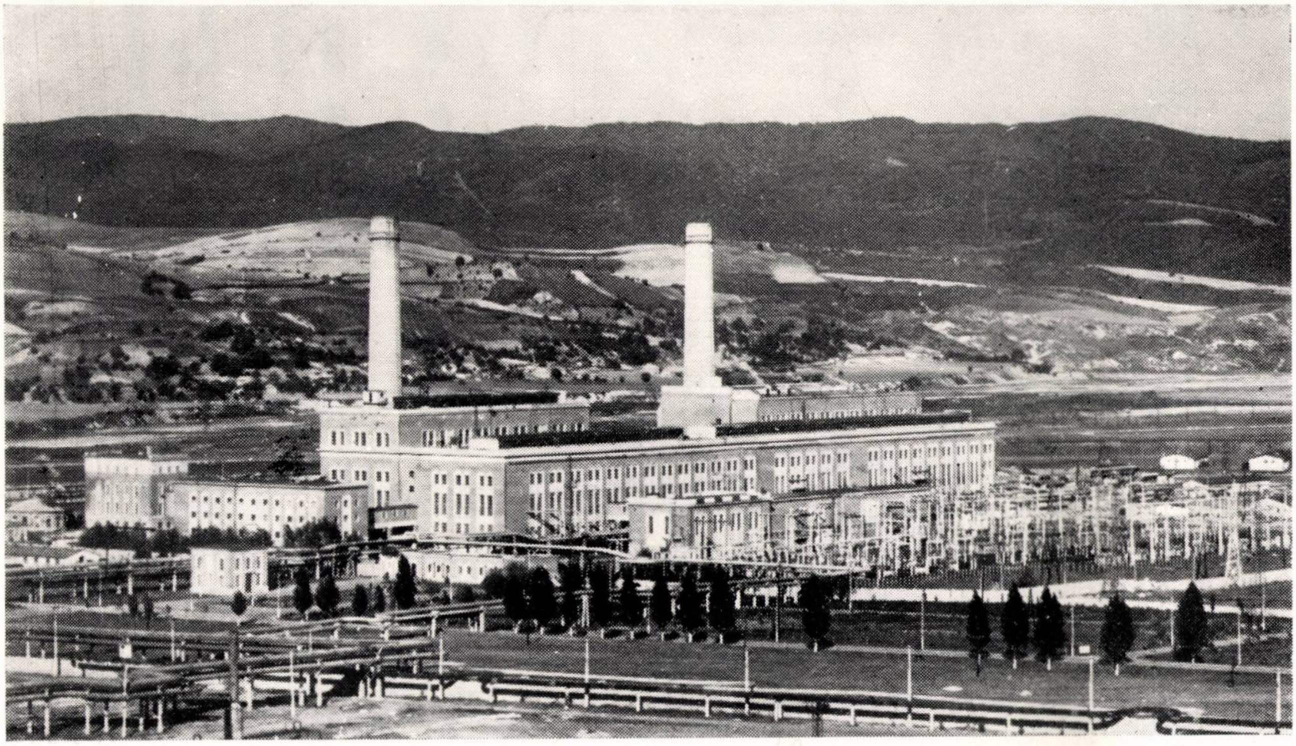
TCME

**TRUSTUL DE CONSTRUCȚII
ȘI MONTAJE ELECTRICE**

EXECUTĂ LINII DE TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ PENTRU TENSIUNI DE 6...400 kV PE STÎLPI METALICI SAU DE BETON ARMAT

TCME EXECUTĂ: STÎLPI METALICI, STÎLPI DE BETON ARMAT CENTRIFUGAT, STÎLPI DE BETON ARMAT PRETENSIONAT, CELULE ȘI PANOURI PENTRU CENTRALE ȘI STAȚII ELECTRICE, CLEME, ARMĂTURI, ETC.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158, TEL.: 16.63.30

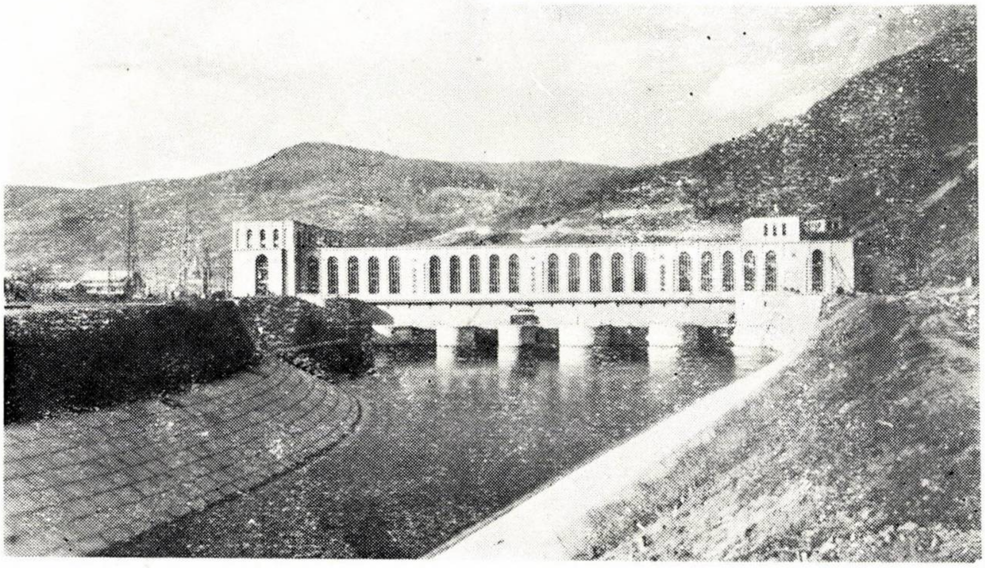


ISPE

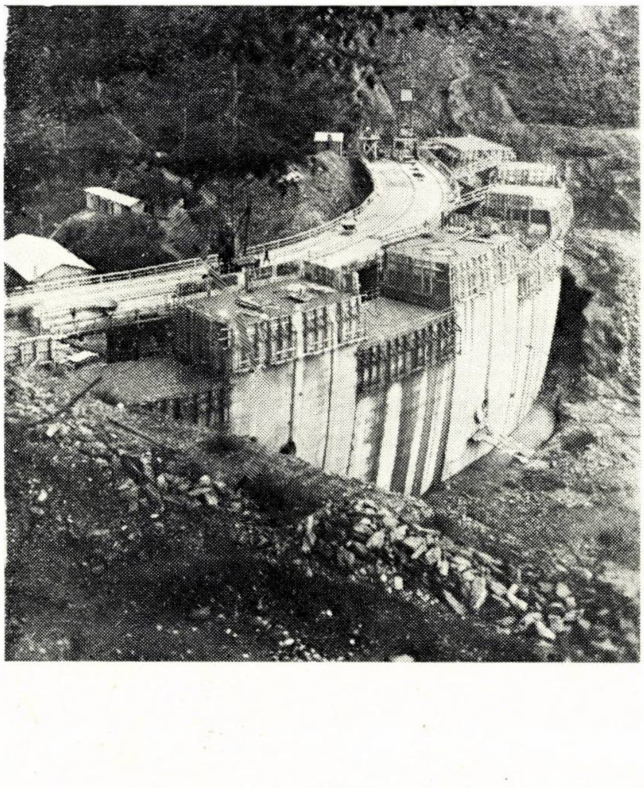
proiectează următoarele instalații și construcții :

- Centrale electrice de condensație
- Centrale electrice de termoficare echipate cu grupuri de contrapresiune și cu grupuri de condensație și prize
- Construcții și instalații pentru alimentarea cu apă de răcire
- Conducte de transport la distanță a apei calde și a aburului
- Linii de transport al energiei electrice
- Stații și posturi de transformare.

ISPH



INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI HIDROENERGETICE



Întocmeşte:

Proiecte

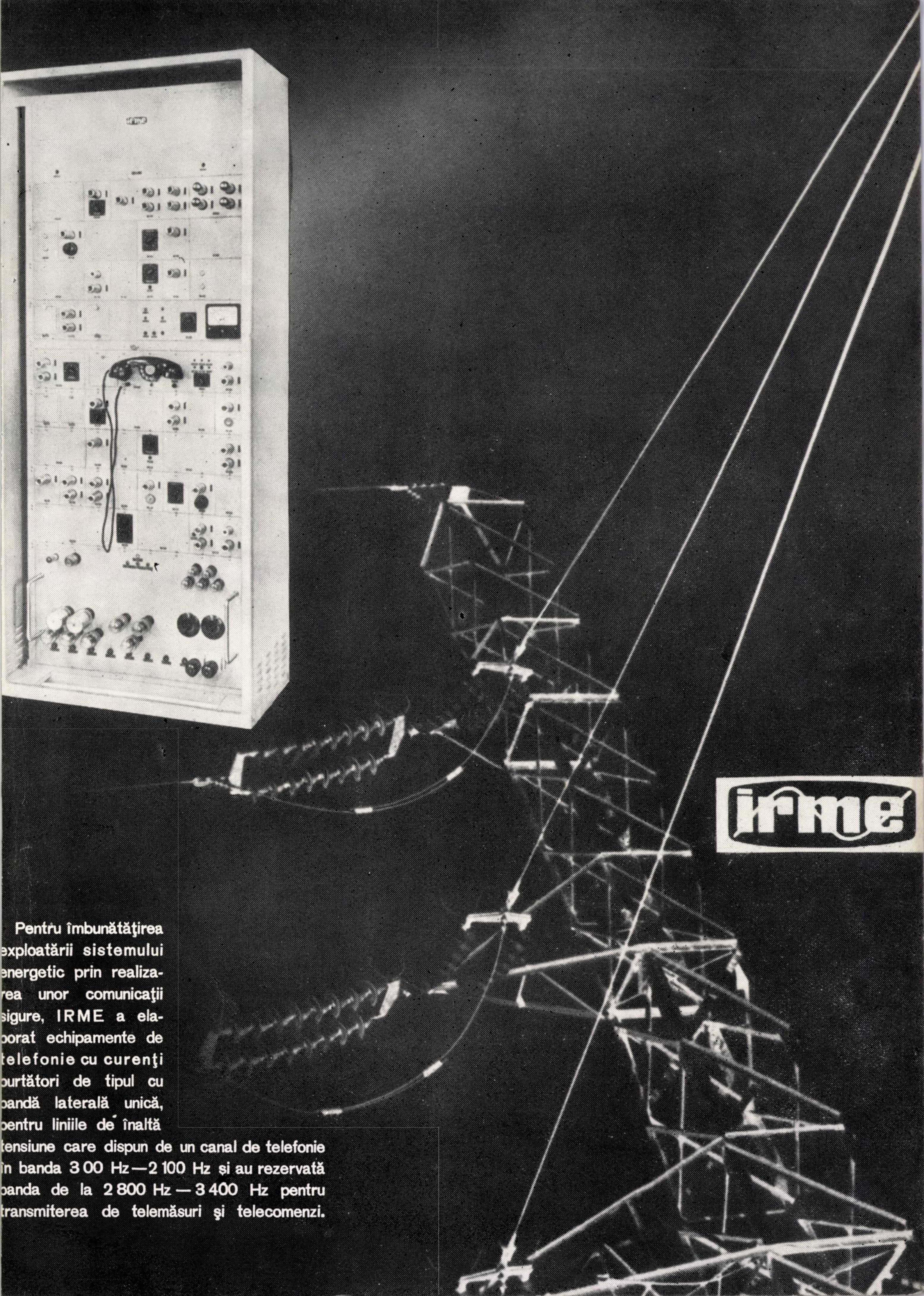
- Amenajări de complexe hidroenergetice.
- Uzine hidroelectrice (baraje, aducţiuni, centrale etc.)

Studii

- De teren geologice, geotehnice, geodezice, hidrologice şi topografice.

Cercetări

- de laborator cu caracter geotehnic pentru lianţi, betoane, chimismul apelor pe modele hidraulice şi modele structurale.



Pentru îmbunătăţirea exploatării sistemului energetic prin realizarea unor comunicaţii sigure, IRME a elaborat echipamente de telefonie cu curenţi purtători de tipul cu bandă laterală unică, pentru liniile de înaltă tensiune care dispun de un canal de telefonie în banda 300 Hz — 2 100 Hz şi au rezervată banda de la 2 800 Hz — 3 400 Hz pentru transmiterea de telemăsuri şi telecomenzi.

I R M E a realizat mese de calcul în curent continuu cu elemente de sarcină tranzistorizate pentru dotarea dispecerilor energetici regionali și a dispecerului național.

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 7 IULIE 1963

CUPRINS

* * *	A III-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de studii și proiectări energetice	289–291
Staicu, C. I.	Relații noi în studiul pulverizării fluidelor	292–295
Furtunescu, H.	Stadiul termoficării în R.P.R. față de nivelul tehnicii mondiale	296–301
Manolescu, G.	Utilizarea calculatoarelor electronice la studiul sistemelor energetice	301–303
Bogan, M., Iancovici, P. și Ungureanu, B.	Rezultatele obținute cu calculatoarele numerice CIFA la studiul stabilității dinamice în sistemul energetic al R.P.R.	304–308
Groza, L.	Adoptarea unor metode analitice de determinare a parametrilor rețelelor, necesari în reglajul frecvență-putere	308–317
Constantinescu, E. și Nunweiler, S.	Stabilirea coeficienților optimi de siguranță pentru liniile electrice aeriene	317–319
Mark, D.	Unele aspecte ale protecției împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de foarte înaltă tensiune	320–324
Borza, N. și Bolki, E.	Suporți de tip portal ancorat din beton centrifugat precomprimat realizați la o linie de 400 kV din R.P.R.	325–330
Negreanu, C. și Popa, M.	Soluții moderne în construirea camerelor de comandă electrice ale centralelor și stațiilor și posibilități de aplicare în R.P.R.	331–337
Nedelcu, O.	Calculul unor suporți pentru instalații energetice	338–344
Mazilu, A.	Calculul economic al canalelor de aducțiune energetice	344–349
* * *	Prima sesiune de comunicări tehnico-științifice a Intreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice	351–352
Bălan, Gh.	Aportul IRME în introducerea tehnicii noi în sectorul energetic	353–359
Pomîrleanu, J.	Construcția analizoarelor de rețea în curent continuu la IRME	359–362
Davidovici, M., Iancu, AL., Ionescu, Tr. și Weiss, A.	Calculator electronic pentru repartiția optimă a sarcinilor între centrale, ținînd seamă de pierderile în rețele	363–366
Săndulescu Lidia	Elemente necesare analizei avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalațiile de medie tensiune	366–373
Ionescu, Al., Popa, B. și Tendler, M.	Încercări în sistem pentru determinarea comportării întreruptorului IUP 110 la declanșarea liniilor în gol și la ruperea curenților de scurtcircuit	373–385
Varadi, Gh. și Radian, V.	Sistem de telesemnalizare automată prin telefon (Instalația ,,Telemag'')	385–387
Vaisman, L. [redacted]	Regulator automat de tensiune pentru transformatoarele cu reglaj sub sarcină	388–389
Iliescu, T. și Schlotter, Fr. [redacted]	Unele aspecte privind supraîncărcarea turbinelor cu abur	389–393
Iliescu, T. și Popescu, R.	Cercetări în problema funcționării turbinelor de condensație în regim de vid înrăutățit	393–400

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, acad. prof. ing. **M. BERCOVICI**, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing **P. VICOL**

Ravista ,,ENERGETICA'', organ al Minsterului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția: București, Strada Sfintul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telofon 21.26.03. Administrația: ,,IPROMIN'' București, Calea Victoriei nr 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: ,,IPROMIN'' — Publicațiile Tehnice M-M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala București. Tarif pentru înteprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual.

Tiparul: Întraprinderea Poligrafică ,,INFORMAȚIA''. — București c. 2538.

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr 560/11967/1962

41401

СОДЕРЖАНИЕ

*** Третья научно-техническая сессия Научно-проектного энергетического института (ИСПЕ)

ДК 662.87
Staicu, C. I.: **Новые данные в области изучения распыления флюидов**

ДК 687.34
Furtunescu, H.: **Положение термофикации в Румынии по сравнению с уровнем мировой техники**

ДК 621.316.11 : 518.12
Manolescu, G.: **Применение цифровых вычислителей при изучении энергетических систем**

ДК 621.316.11: 518.12
Bogdan, M., Iancovici, P. и *Ungureanu, B.:* **Результаты полученные при использовании цифровых вычислителей CIFA при изучении динамической устойчивости в энергетической системе РНР**

ДК 621.316.11
Groza, L.: **Выбор метода определения параметров сетей в зависимости от необходимой точности**

ДК 621.315.1.001
Constantinescu, E. и *Nunweiler, S.:* **Определение оптимального запаса прочности для воздушных электрических линий**

ДК 621.316.933 : 621.316.13
Mark, D.: **Новые аспекты в области защиты против атмосферных сверхнапряжений на линиях сверхвысокого напряжения**

ДК 621.315.661/8.002
Borza, N. и *Bolki, E.:* **Изготовление первых опор портального типа с анкеровкой из центрифугированного преднапряженного бетона для 400 кв воздушно-электрической линии**

ДК 621.398 : 621.2 : 621.316.26
Negreanu, C. и *Popa, M.:* **Новейшие решения при конструировании камер управления для электрических и трансформаторных станций и возможности их применения в Румынии**

ДК 697.34
Nedelcu, O.: **Расчёт некоторых видов опор для энергетических установок**

ДК 621.311.21
Mazilu, A.: **Экономический расчёт энергетических питательных каналов**

*** Работы представленные на I-й научно технической сессии областного предприятия по электромонтажу (ИРМЕ)

ДК 621.311.2 (498)
Bălan, Gh.: **Роль областного электро-монтажного предприятия в повышении технического уровня установок Департамента электроэнергии**

ДК 621.316.12.001.24
Pomîrleanu, J.: **Конструкция сетевых анализаторов постоянного тока на областном электро-монтажном предприятии**

ДК 621.311.177
Davidovici, M., Iancu, A., Ionescu, Tr. и *Weiss, A.:* **Электронный вычислитель для оптимального распределения нагрузок между станциями, с учётом потери в сетях**

ДК 621.316.933 : 621.316.13
Săndulescu Lidia: **Элементы необходимые для анализа аварий вызываемых атмосферным сверхнапряжением в установках средного напряжения**

ДК 621.316.5.064.3
Ionescu, A., Popa, B. и *Tendler, M.:* **Испытания в системе для определения поведения выключателя IUP—110 кв при разрыве токов короткого замыкания и при включении линий на холостой ход**

ДК 621.398
Varadi, Gh. и *Radian, V.:* **Система автоматической телесигнализации по телефону (установка „телемаг")**

ДК 621.316.722
Vaisman, L.: **Автоматический регулятор напряжения для трансформаторов**

ДК 621.311.22.004
Iliescu, T. и *Schlotter, Fr.:* **Исследования и результаты относительно возможности перегрузки паровых турбин**

ДК 621.311.22.004
Iliescu, T. и *Popescu, R.:* **Исследования в области работы конденсационных турбин в ухудшенном режиме вакуума**

INHALTSVERZEICHNIS

*** Die dritte Fachtagung des Projektierungsinstituts für energiewirtschaftliche Anlagen (ISPE)

DK 622.87

STAICU, C.: Neue Beziehungen bei Untersuchung der Zerstäubung von Flüssigkeiten

DK 687.34

FURTUNESCU, H.: Entwicklungszustand der Fernheizung in Rümänien im Vergleich zu neuesten ausländischen Anlagen

DK 621.316.11 : 518.12

MANOLESCU, G.: Anwendung von Digitalrechnern bei Untersuchung elektrischen Netze

DK 621.316.11 : 518.12

BOGAN, M., IANCOVICI, P. und UNGUREANU, B.: Die mit Digitalrechnern CIFA bei Berechnung der dynamischen Stabilität im Verbundnetz Rumäniens erzielten Ergebnisse

DK 621.316.11

GROZA, L.: Wahl analytischer Bestimmungsverfahren von Netzparametern für Frequenz — Leistung — Regelung

DK 621.315.1.001

CONSTANTINESCU, E. und NUNWEILER, S.: Optimierung der Sicherheitsbeiwerte für Freiluft - Hochspannungsleitungen

DK 621.316.933 : 621.316.13

MARK, D.: Neueste Entwicklungen des Schutzes gegen Uberspannungen athmosphärischen Ursprungs bei Höchstspannungsleitungen

DK 621.315.661/8.002

BORZA, N. und BOLKI. E.: Konstruktion der ersten verankerten Portalmaste aus vorgespannten zentrifugiertem Beton für eine 400—kV Freileitung

DK 621.398 : 621.2 : 621.316.26

NEGREANU, C. und POPA, M.: Moderne Lösungen für Schaltwarten von Kraftwerken und Umspannanlagen und Möglichkeiten ihrer Anwendung in Rumänien

DK 697.43

NEDELCU, O.: Berechnung von Trägern für elektrisch Anlagen

DK 621.311.21

MAZILU, A.: Optimierung von Druckstollen für Wasserkraftwerke

*** Die erste Fachtagung des Unternehmens für Rationalisierung und Modernisierung energiewirtschaftlicher Anlagen (IRME)

DK 621.311. 2(498)

BĂLAN, GH.: Die Aufgabe des IRME und die Hebung des technischen Niveaus der energiewirtschaftlichen Anlagen des Departements für elektrische Energie

DK 316.12.001.24

POMÎRLEANU, J.: Entwicklung von Netzanalysatoren für Gleichstrom

DK 621.311.177

DAVIDOVICI, M., IANCU, A., IONESCU, TR. und WEISS, A.: Elektronischer Rechner für Optimierung der Leistungsverteilung zwischen einzelnen Kraftwerken unter Berücksichtigung von Netzverlusten

DK 621.316.933 : 621.316.13

SĂNDULESCU LIDIA: Für Untersuchung von in Mittelspannungsanlagen infolge Überspannungen athmosphärischen Ursprungs hervorgerugenen Betriebsstörungen erforderliche Angaben

DK 621.316.5.064.3

IONESCU, A., POPA BADEA und TENDLER, M.: Versuche mit Ölschaltern Bautype IUP—110 kV für Bestimmung des Betriebsverhaltens bei Kurzschlussstromunterbrechung

DK 621.398

VARADI, GH. und RADIAN, V.: Automatisches Fernmeldesystem durch Fernsprecher (Telemaganlage)

DK 621.316.722

VAISMAN, L.: Automatischer Spannungsregler für Umspanner

DK 621.311.22.004

ILIESCU, T. und SCHLOTTER, FR.: Untersuchungen und Betriebsergebnisse überbelasteter Dampfturbinen

DK 621.311.22.004

ILIESCU, T. und OPPESCU, R.: Untersuchungen des Betriebs von Kondensationturbinen bei erhöhtem Vakuum

SOMMAIRE

*** La 3-ème Session technique et scientifique de l'Institut d'Etudes et de Projets Energétiques (ISPE)

CD 662.87

STAICU, C.: Nouvelles relations appliquées dans l'étude de la pulvérisation des fluides

CD 687.34

FURTUNESCU, H.: Le stade de la production simultanée d'énergie thermique et électrique en Roumanie par rapport au niveau de la technique mondiale,

CD 621.316.11 : 518.12

MANOLESCU, G.: Utilisation des calculateurs numériques à l'étude des systèmes énergétiques

CD 621.316.11 : 518.12

BOGAN, M., IANCOVICI, P. et UNGUREANU, B.: Résultats obtenus à l'aide des calculateurs numériques CIFA dans l'étude de la stabilité dynamique du système énergétique roumain

CD 621.316.11

GROZA, L.: Considérations concernant le choix de certaines méthodes analytiques pour la détermination des paramètres des réseaux nécessaires dans le règlage fréquence — puissance

CD 621.315.1.001

CONSTANTINESCU, E. et NUMWEILER, S.: Détermination des coefficients optimum de sécurité pour les lignes électriques aériennes

CD 621.316.933 : 621.316.13

MARK, D.: Nouveaux aspects de la protection contre les surtensions atmosphériques des lignes de très haute tension

CD 621.315.66/8.002

BORZA, N. et BOLKI, E.: Construction des premiers pylônes haubanés en béton centrifugé précontraint utilisés à une ligne électrique aérienne de 400 kV

CD 621.398 : 621.2 : 621.316.26

NEGREANU, C. et POPA, M.: Solutions modernes pour la construction des salles de commande électriques des centrales et des stations et leur application en Roumanie

CD 697.34

NEDELCU, O.: Le calcul des pylones utilisés aux instalations énergétiques

CD 621.311.21

MAZILU, A.: Le calcul économique des canaux d'adduction.

*** Les travaux de la première Session technique et scientifique de l'Entreprise de Rationalisation et de Modernisation des Equipements Electriques (IRME)

CD 621.311.2 (498)

BĂLAN, GH.: Contribution de l'IRME à l'accroissement du niveau technique des installations électriques

CD 316.12.001.24

POMÎRLEANU, J.: Construction d'analyseurs de réseaux de courant continuu par l'IRME

CD 621.311.177

DAVIDOVICI, M., IANCU, A., IONESCU, TR. et WEISS, A.: Calculateur électronique pour la repartition optimale des charges entre les centrales, compte tenu des pertes dans les réseaux

CD 621.316.933 : 621.316.13

SĂNDULESCU LIDIA: Les éléments nécessaires pour effectuer l'analyse de dérangements causés par les surtensions atmosphériques dans les installations de moyenne tension

CD 621.316.5.064.3

IONESCU, A., POPA BADEA et TENDLER, M.: Essais dans le système énergétique pour déterminer le comportement du disjoncteur IUP—110 kV à la coupure des courants de court circuit et au déclenchement des lignes à vide

CD 621.398

VARADI, GH. et RADIAN, V.: Système de télésignalisation automatique par téléphone (installation „Telemag")

CD 621.316.722

VAISMAN, L.: Régulateur de tension automatique pour les transformateurs

CD 621.311.22.004

ILIESCU, T. et SCHLOTTER, FR.: Recherches et résultats concernants la possibilité de surcharger les turbines à vapeur

CD 621.311.22.004

ILIESCU, T. et POPESCU, R.: Recherches dans le domaine du fonctionnement des turbines à condensation en régime de vide imparfait

CONTENTS

* * * The third technical and scientifical Session of the Institute for energetic Studies and Designs (ISPE)

DC 662.87

STAICU, C. I. : New relations applied in the investigation of fluid pulverization

DC 697.34

FURTUNESCU, H. : Combined heat and power production in Rumania; actual stage compared to the world technique

DC 621.316.11 :518.12

MANOLESCU, G. : Digital computers used for the investigation of power systems

DC 621.316.11 : 518.12

BOGAN, M., IANCOVICI, P. and UNGUREANU, B. : Results obtained by using the digital computers CIFA, for studying the dynamic stability in Rumania's power system

DC 621.316.11

GROZA, L. : The selection of some analytic methods for determining network parameters for frequency — power control

DC 621.315.1.001

CONSTANTINESCU, E. and NUNWEILER, S. : Determination of optimal safety coefficients for overhead lines

DC 621.316.933 : 626.316.13

MARK, D. : New trends in the protection of extra-high voltage lines against atmospheric surges

DC 621.315.661/8.002

BORZA, N. and BOLKI, E. : Construction of the first guyed towers in prestressed centrifugally surges

DC 621.398 : 621.311.2 : 621.316.26

NEGREANU, C. and POPA, M. : Up-to-date solutions for the construction of control rooms in power plants and substations and their application in Rumania

DC 697.34

NEDELCU, O. : Calculation of supports for power installations

DC 621.311.21

MAZILU, A. : Economic calculation of headwater channels

* * * The first technical and scientifical Session of the Enterprise for Rationalization and Modernization of Power Equipment (IRME)

DC 621.311. 2 (498)

BĂLAN, GH. : Contribution of the IRME to the increase of the technical level of electrical instalations

DC 621.316.12.001.24

POMÎRLEANU, J. : Construction of d.c. network analysers by the IRME

DC 621.311.177

DAVIDOVICI, M., IANCU, AL., IONESCU, TR. and WEISS, A. : Electronic computer for optimum load distribution among power plants, taking into account network losses

DC 621.316.933 : 621.316.13

SĂNDULESCU LIDIA : Data necessary for analysing faults caused by atmospheric surges in medium voltage equipment

DC 621.316.5.064.3

IONESCU, AL., POPA, B. and TENDLER, M. : Field testing of the performance of the circuit breaker IUP—110 kV : interrupting capacity and opening on no-load lines

DC 621.398

VARADI, GH. and RADIAN, V. : Automatic remote signalling by telephone („Telemag")

DC 621.316.722

VAISMAN, L. : Automatic voltage regulator for transformers

DC 621.311.22.004

ILIESCU, T. and SCHLOTTER, FR. : Investigations and results concerning the possibility of steam turbine overload

DC 621.311.22.004

ILIESCU, T., and POPESCU, R. : Investigations about steam turbine operation in non-rated vacuum conditions

ENERGETICA

ANUL 11
1963
Nr. 7
IULIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

A III-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice

—martie 1963—

In zilele de 7 şi 8 martie 1963 s-au desfăşurat în Bucureşti lucrările celei de-a III-a sesiuni de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice. La această sesiune au fost prezentate 85 referate, care au arătat cele mai importante realizări tehnice şi ştiinţifice obţinute în 1962 de proiectanţii institutului, în toate domeniile, producerii, transportului şi distribuţiei energiei electrice (centrale termoelectrice, uzine hidroelectrice, reţele şi sisteme electrice).

Datorită numărului mare de comunicări şi specificului lor foarte variat, lucrările sesiunii s-au desfăşurat pe cinci secţii de specialitate:

Secţia I — Sisteme energetice: 14 referate.
Secţia II — Partea electrică a instalaţiilor electroenergetice: 30 referate.
Secţia III — Partea termomecanică a instalaţiilor electroenergetice şi de termoficare: 15 referate.
Secţia IV — Instalaţii hidroelectrice: 13 referate.
Secţia V — Construcţii: 13 referate.

La consfătuire a participat un mare număr de invitaţi din M.M.E.E. şi întreprinderile dependente (TCME, ICHB, UPDE, IRME, întreprinderile regionale de electricitate), Institutul de energetică al Academiei R.P.R., institutele de învăţămînt superior, CSP, fabricile constructoare de echipament energetic etc.

Pe marginea majorităţii referatelor prezentate s-au purtat interesante şi ample discuţii, care au contribuit la precizarea unor probleme ştiinţifice, tehnice şi economice şi au scos în evidenţă aspectele mai interesante şi mai actuale ale subiectelor tratate.

Un număr de 15 referate, cîte trei pentru fiecare secţie de specialitate, au fost premiate.

În general, lucrările acestei sesiuni au arătat progrese importante realizate în domeniul concepţiei energetice, atît în tratarea de ansamblu a problemelor complexe cît şi în direcţia specializării pe probleme de detaliu. În acelaşi timp a rezultat o remarcabilă intensificare a preocupării proiectanţilor din ISPE pentru problemele de cercetare şi de introducere a soluţiilor moderne.

În continuare se dă lista tuturor referatelor ţinute în cadrul sesiunii, dintre care unele sînt publicate în acest număr al revistei Energetica.

Secţia I

SISTEME ENERGETICE

1. Ing. P. Dimo : **Cele patru concepte fundamentale ale analizei nodale. Schema REI — echivalent generalizat.**
2. Ing. G. Manolescu : **Utilizarea calculatoarelor numerice la studiul sistemelor energetice. Stadiul actual şi perspective.**
3. Ing. P. Iancovici, ing. M. Bogan şi ing. B. Ungureanu : **Rezultate obţinute cu calculatoarele numerice CIFA în studiul stabilităţii dinamice în sistemul energetic al R.P.R.**
4. C. Sufrin : **Metodă de calcul al reţelelor buclate.**
5. Ing. L. Groza : **Alegerea metodei de determinare a parametrilor reţelelor în funcţie de exactitatea necesară.**
6. Ing. P. Iancovici şi ing. B. Ungureanu : **Evaluarea diferenţelor de pierderi de putere rezultate în sistemul energetic al R.P.R. pentru diverse amplasamente ale unui mare consumator.**
7. Ing. P. Cartianu : **Elementele matricial-topologice pentru studiul unitar al reţelelor electrice.**
8. Ing. E. Costin, ing. G. Grigoriu şi ing. M. Constantinescu : **Schemă nouă pentru reţele de distribuţie urbană de medie tensiune (6—10 kV).**
9. Ing. M. Constantinescu : **Aprecierea cantitativă a calităţii energiei electrice.**
10. Ing. L. Groza şi ing. P. Iancovici : **Considerente asupra calităţii reglajului frecvenţă-putere.**
11. Ing. M. Gheorghiu, ing. D. Aldea şi ing. M. Bogan : **Contribuţii în problema alegerii soluţiei de instalare a unui compensator sincron sau a unei baterii de condensatoare.**
12. Ing. M. Ciobanu, ing. Gh. Moraite şi ing. St. Hückert : **Aspecte privind regimurile de funcţionare a motoarelor sincrone mari (peste 2000 kW) alimentate din sistemul energetic.**
13. Ing. E. Costin : **20 kV, tensiunea de perspectivă pentru electrificarea rurală a R.P.R.**
14. Ing. G. Grigoriu şi tehn. N. Ionescu : **Sondajele statistice la consumatori, metodă de determinare a evoluţiei consumului de energie electrică.**

Secţia II

PARTEA ELECTRICĂ A INSTALAŢIILOR ELECTROENERGETICE

1. Ing. V. I. Nitu : **Alegerea schemelor electrice ale centralelor de mare putere din punct de vedere economic şi al siguranţei în exploatare.**
2. Ing. M. Nistor : **Alegerea schemelor de conexiuni la centralele electrice de tip industrial.**
3. Ing. D. Voinea şi ing. J. Sfartz : **Analiza principalilor parametri ai aparatajului de înaltă tensiune pentru instalaţiile electroenergetice necesar a fi asimilat de industria electrotehnică.**
4. Ing. N. Trocan : **Simplificarea calculului de alegere a bateriei de acumulatoare utilizate la centralele electrice.**
5. Ing. V. Corlăţeanu : **Tendinţe noi în proiectarea şi construirea maşinilor sincrone de putere mare.**
6. Ing. V. Corlăţeanu şi ing. Z. Murgu : **Utilizarea generatorului asincron în microcentrale.**
7. Ing. E. Constantinescu, ing. D. Voinea şi ing. B. Stoleru : **Stadiul actual al tipizării şi industrializării staţiilor de transformare.**
8. Ing. I. Jdanov şi ing. T. Dobrin : **Realizări constructive în R.P.R. privind staţiile interioare de 110 kV şi tendinţele în viitor.**
9. Ing. I. Jdanov şi ing. E. Chirică : **Problemele extinderii şi reconstruirii staţiilor de transformare.**
10. Ing. Th. David şi ing. N. Grosu : **Unele probleme de proiectare a staţiilor de transformare în lumina prescripţiilor din diferite ţări.**
11. Ing. C. Negreanu şi ing. M. Popa : **Soluţii moderne în construirea camerelor de comandă electrice ale centralelor şi staţiilor şi posibilităţi de aplicare în R.P.R.**
12. Ing. Gh. Dumitriu şi ing. N. Petre : **Soluţii noi utilizate în ţară privind construirea staţiilor de 6 kV cu reactoare.**
13. Ing. C. Ivan şi ing. V. Nonea : **Soluţii constructive pentru staţii de 110 kV pe teren redus.**
14. Ing. P. Raşcu : **Primele staţii de 220 kV din R.P.R.**
15. Ing. I. Pop : **Folosirea maselor epoxidice în industria electrotehnică şi pe şantierele de montaj ale staţiilor electrice.**
16. Tehn. A. Thuma : **Probleme privind semnalizarea preventivă în curent alternativ operativ.**
17. Ing. D. Romanescu : **Sistem de semnalizare preventivă cu aparataj romînesc pentru camerele de comandă.**
18. Ing. D. Mark : **Aspecte noi ale protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de foarte înaltă tensiune.**
19. Ing. Gh. Moraite : **Măsuri pentru îmbunătăţirea protecţiei prin relee rezultate din analiza regimurilor dinamice provocate de avarii caracteristice.**
20. Ing. P. Columbeanu : **Probleme în legătură cu proiectarea protecţiei prin relee şi automaticii primelor linii de 220 şi 400 kV din R.P.R.**
21. Ing. S. Marcu : **Soluţii preconizate pentru transmiterea informaţiilor în proiectul dispecerului naţional.**
22. Ing. S. Marcu, ing. D. Ioanin şi ing. A. Boboc : **Principiile de realizare a comunicaţiilor telefonice pentru dispecerul naţional.**
23. Ing. G. Bardan : **Automatizarea centralelor electrice de mică putere.**
24. Ing. E. Constantinescu şi ing. S. Nunweiler : **Stabilirea coeficienţilor optimi de siguranţă pentru liniile electrice aeriene.**
25. Ing. C. Petrescu, ing. S. Nunweiler şi ing. D. Artănescu : **Realizări în domeniul tipizării stîlpilor de beton centrifugat pentru linii electrice aeriene de energie.**
26. Ing. P. Militaru şi ing. C. Ţencu : **Procedee folosite pentru creşterea capacităţii de transport a reţelelor electrice rurale de medie tensiune.**
27. Ing. M. Militaru, ing. C. Ţencu, ing. D. Hristea şi ing. O. Macovei : **Rezultate tehnice şi economice ale tipizării reţelelor de distribuţie de înaltă şi joasă tensiune din mediul rural.**
28. Ing. P. Militaru şi ing. I. Cocora : **Caracteristicile termice ale solului şi încărcarea electrică a cablurilor.**
29. Ing. N. Borza şi ing. E. Bolki : **Realizarea primilor suporţi de tip portal ancorat din beton centrifugat precomprimat pentru o linie electrică aeriană de 400 kV din R.P.R.**
30. Ing. O. Macovei : **Considerente în legătură cu problema preţurilor ferme la linii electrice aeriene de 6 şi 15 kV la posturile de transformare de tip rural şi la staţiile de transformare de 110 şi 35 kV.**

Secţia III

PARTEA TERMOMECANICĂ A INSTALAŢIILOR ELECTROENERGETICE ŞI DE TERMOFICARE

1. Ing. C. I. Staicu : **Relaţii noi în studiul pulverizării fluidelor.**
2. Ing. A. Joseanu : **Dozatoare de reactivi pentru tratarea apei.**
3. Ing. A. Micu : **Coroziunea coşurilor de fum.**
4. Ing. I. Săndulescu şi ing. Gr. Halus : **Impurificarea atmosferei cu substanţe nocive evacuate de centralele electrice cu cărbune.**
5. Ing. A. Taloş şi ing. P. Medeşan : **Înlocuirea materialului lemnos cu azbociment în turnurile de răcire.**
6. Ing. D. Popescu : **Coroziunea metalelor în condiţii atmosferice tropicale şi soluţii de tropicalizare.**
7. Ing. A. Florescu : **Rolul pompelor de căldură în economisirea combustibilului şi în valorificarea resurselor energetice secundare.**
8. Ing. M. Cuza şi ing. E. Bran : **Considerente asupra transpunerii calculului de rezistenţă a conductelor la maşinile electronice existente în ţară.**
9. Ing. M. Ţenescu : **Metodă grafică pentru calculul schimbătoarelor de căldură la diverse regimuri de funcţionare.**
10. Ing. N. Mirea : **Folosirea maşinilor electronice de calcul în centralele termoelectrice.**
11. Ing. D. Giurgea şi ing. R. Neş : **Folosirea în centralele electrice de termoficare a compresoarelor de abur cu jet.**
12. Ing. H. Furtunescu : **Stadiul termoficării în R.P.R. faţă de nivelul tehnicii mondiale.**

13. Ing. M. Voinea, ing. M. Beldiman și ing. A. Ghederim: **Eficiența economică a renunțării la izolația termică a conductei de întoarcere la rețelele de termoficare cu apă fierbinte amplasate în canal.**

14. Ing. I. Săndulescu, ing. Gr. Halus și ing. V. Neațu: **Tendințe noi în realizarea gospodăriilor de combustibil la centralele electrice.**

15. Ing. H. Cușută: **Proiect tip de centrală industrială cu echipament din țară.**

Secția IV

INSTALAȚII HIDROELECTRICE

1. Ing. B. Borisevici: **Execuția mecanică a galeriilor hidrotehnice în rocă slabă.**
2. Ing. A. Stănucă: **Automatizarea exploatării centralelor pe canale.**
3. Ing. S. Cristescu: **Fisuri și crăpături în construcții masive de beton armat.**
4. Ing. I. Băiceanu: **Analiza tehnico-economică a stavilelor și vanelor de diferite tipuri proiectate în ISPE.**
5. Ing. A. Ioan și ing. I. Ionescu: **Linia de puțuri CET-Ploiești. Proiectare, execuție și exploatare.**
6. Ing. S. Căciulescu: **Injectarea rosturilor de contracție ale barajelor în arc.**
7. Ing. V. Guja: **Stadiul actual și posibilități de îmbunătățire în proiectarea centralelor hidroelectrice.**
8. Ing. A. Mazilu: **Calculul economic al aducțiunilor cu scurgere liberă.**
9. Ing. A. Diacon și ing. A. Petcu: **Urmărirea deformațiilor la construcțiile hidrotehnice.**
10. Ing. Gh. Opriș: **Stadiul actual al dezvoltării agregatelor pentru uzine de acumulare prin pompaj.**
11. Ing. F. Scvorțov: **Dimensionarea ecluzelor la amenajările de pe Dunăre. Determinarea capacității de trafic și etapizarea execuției.**
12. Ing. M. Georgescu: **Presiunea interstițială în roci și importanța ei în proiectarea fundațiilor barajelor de beton.**
13. Ing. M. Popescu: **Calculul barajelor în arc prin metoda deformațiilor radiale.**

Secția V

CONSTRUCȚII

1. Ing. I. Osiceanu și ing. I. Ghergu: **Proiectarea și executarea din prefabricate de beton armat a clădirii epurării chimice de la CET III suflante Hunedoara.**
2. Ing. D. Radu: **Calculul fundurilor de recipienți sub presiune.**
3. Arh. C. Călinescu: **Panouri mari prefabricate pentru construcții industriale.**
4. Arh. V. Păunescu și arh. E. Ciortan: **Realizarea clădirilor de stații din elemente prefabricate.**
5. Ing. V. Calcan și ing. R. Cărare: **Încălzirea prin radiație cu panouri de înaltă temperatură.**
6. Ing. M. Duminicatu: **Contribuții la studiul fenomenului de înghețare a conductelor de alimentare cu apă.**
7. Ing. V. Stamo și ing. M. Stoian: **Degajările de căldură și abur din interiorul sălilor de mașini și cazane la CET și CTE privite sub aspect economic și al condițiilor de microclimat.**
8. Ing. A. Vaicum: **O nouă metodă de calcul pentru fundațiile stîlpilor LEA (studii experimentale).**
9. Ing. N. Borza: **Probleme de statică neliniară cu aplicații în proiectarea unor construcții energetice.**
10. Ing. O. Nedelcu: **Cadre plane cu bare ortogonale solicitate perpendicular pe plan.**
11. Arh. A. Doicescu: **Probleme de arhitectură legate de introducerea materialelor și sistemelor constructive noi.**
12. Ing. T. Gereb: **Contribuții la calculul frecvențelor proprii și amplitudinilor oscilațiilor fundațiilor de mașini în cadre.**
13. Ing. V. Apostolescu: **Probleme ale calculului construcțiilor pe mediu elastic.**

Aspecte de la a III-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de studii și proiectări energetice

Relaţii noi în studiul pulverizării fluidelor

Ing. *C. I. STAICU*

1. Procesul arderii staţionare, care se realizează în cazanele de abur sau în cuptoarele industriale, trebuie să asigure arderea completă a combustibilului şi cu un exces mic de aer. Aceste condiţii, care se impun în vederea obţinerii unui randament cît mai ridicat pentru instalaţia de ardere, depind şi de calitatea amestecului, de omogenizarea ce se poate realiza între combustibil şi aerul necesar arderii. În cazul combustibililor lichizi, calitatea omogenizării — şi deci procesul arderii — este condiţionată de realizarea unei pulverizări cît mai fine a combustibilului întrebuinţat (păcură sau motorină).

La instalaţiile tehnice, fluidul care urmează să fie pulverizat străbate un injector din care iese, printr-un ajutaj, în mediul gazos din focar; în acest mediu, lichidul se descompune în particule individuale care tind spre forma stabilă, transformîndu-se în picături sferice de un anumit diametru.

Stabilirea legilor pulverizării complexe a lichidelor nu a fost posibilă pînă în prezent pe cale analitică din cauza dificultăţilor de natură matematică, deşi acest fenomen de descompunere a vînei de lichid a constituit obiectul cercetărilor teoretice în ultimii 100 ani [1], [2]. La tratarea analitică a scurgerii lichidului, se porneşte, pentru a se ţine seamă de toate forţele care intervin, de la ecuaţia diferenţială Navier-Stokes:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}\,grad)\,\vec{v} = \vec{g} - \frac{1}{\rho}\,grad\ p + \frac{\eta}{\rho}\,\Delta\vec{v} \qquad (1)$$

şi de la ecuaţia continuităţii:

$$\mathrm{div}\ \vec{v} = 0, \qquad (2)$$

în care:

t este timpul;
g — acceleraţia gravitaţiei;
v — viteza;
ρ — densitatea;
p — presiunea;
η — viscozitatea lichidului.

Descompunerea vînei de lichid este favorizată şi de forţele gazului înconjurător, care acţionează suprafaţa lichidului sub formă de presiuni normale şi tensiuni tangenţiale. Aceste forţe pot influenţa în mod hotărîtor descompunerea vînei de lichid şi deci întregul proces de pulverizare. Din această cauză, la tratarea analitică a scurgerii gazului trebuie să se pornească, de asemenea, de la ecuaţia diferenţială Navier-Stokes şi de la ecuaţia continuităţii.

Soluţia matematică a fenomenului pulverizării cere integrarea sistemului format din cele patru ecuaţii, la care trebuie să se ia în considerare, în plus, o serie de condiţii la limită. Dintre acestea, o condiţie se reprezintă prin ecuaţia Laplace, care trebuie să fie îndeplinită pentru fiecare punct al suprafeţei lichidului şi, de asemenea, pentru picăturile sferice; această ecuaţie se scrie sub forma:

$$p_l = p_g + \frac{4\sigma}{d}\cdot \qquad (3)$$

Alte condiţii la limită sînt constituite de repartiţiile vitezelor lichidului:

$$\vec{v}_l = \vec{\varphi}_l\,(\vec{a},\ \nu_l,\ t) \qquad (4)$$

şi ale gazului

$$\vec{v}_g = \vec{\varphi}_g\,(\vec{r},\ \nu_g,\ t) \qquad (4')$$

la ieşirea din ajutaj; în aceste relaţii $\vec{a}$ şi $\vec{r}$ sînt vectorii de poziţie care descriu secţiunea de ieşire.

În baza analizei privind instabilitatea vînei de lichid făcută de Rayleigh, care a studiat vîna de lichid ideal (fără viscozitate), a verificărilor experimentale făcute de Tylor pentru lichide cu viscozitatea redusă, a cercetărilor experimentale ale lui Haenlein, care au arătat influenţa vitezei jetului şi a proprietăţilor fizice ale lichidului asupra formei în care se descompune vîna de lichid, Weber a stabilit următoarea ecuaţie pentru descompunerea vînei:

$$\mu^2 = \mu\,\frac{3\,\eta}{\rho_l\,a^2}\,\beta^2 = \frac{\sigma}{2\,\rho_l\,a^3}(1-\beta^2)\beta^2 + \frac{\rho_g\,v^2}{2\,\rho_l\,a^2}\beta^3 f(\beta), \qquad (5)$$

în care

$$\mu = \sqrt{\frac{\sigma}{6\,a^3\,\rho_l}}$$

este viteza de creştere a excitaţiei în timp, iar

$$\beta = \frac{2\,\pi\,a}{l},$$

unde l este lungimea de undă pentru care perturbaţia suprafeţei creşte cu cea mai mare viteză. Funcţia

$$f(\beta) = -\,i\,\frac{H_0^1(i\beta)}{H_1^1(i\beta)},$$

unde H_0^1 şi H_1^1 sînt funcţiile lui Hankel după Jahnke — Emde. În relaţia (5) indicii l şi g se referă la lichid, respectiv la mediul gazos, σ este tensiunea superficială, iar a este raza orificiului duzei.

Această ecuaţie, care include o serie de ipoteze simplificatoare, nu rezolvă practic problema diametrului picăturilor de lichid pulverizat, deoarece nu se cunoaşte cu precizie lungimea undelor, l.

Ca urmare a acestei situaţii, în literatura de specialitate se afirmă că este exclusă posibilitatea rezolvării analitice, complete şi cu finalitate a problemei pulverizării.

2. Necesităţile practicii nu permit însă să ne oprim la această constatare şi cer să se realizeze injectoare care să îndeplinească condiţiile expuse la început, adică să asigure arderea completă a combustibilului şi cu un exces mic de aer.

În vederea satisfacerii necesităţilor practicii s-au făcut măsurători experimentale, care au putut fi generalizate în baza teoriei similitudinii. În literatura de specialitate [2] se indică următoarele formule pentru mărimea diametrului mediu, d, al picăturilor de lichid pulverizat:

pentru domeniul $\eta^2 :\ \rho_l\,\sigma D < 0{,}0333$,

$$d = D\left(\frac{\sigma}{\rho_g\,v^2\,D}\right)^{0{,}52}\left[1{,}24 + 0{,}0128\left(\ln\frac{\eta^2}{\rho_l\,\sigma\,D} + 12\right)\right] \qquad (6)$$

iar pentru domeniul $\eta^2 :\ \rho_l\,\sigma D > 0{,}0333$,

$$d = D\left(\frac{\sigma}{\rho_g\,v^2\,D}\right)^{0{,}52}\left(2{,}25 + 0{,}24\ \ln\frac{\eta^2}{\rho_l\,\sigma\,D}\right), \qquad (7)$$

unde v este viteza relativă dintre lichid şi gazul înconjurător, iar D — diametrul duzei, în care caz $D = 2a$, din ecuaţia Weber. Pentru stabilirea acestor formule s-a pornit de la ecuaţia Weber, din care, pe considerente dimensionale, s-au obţinut invarianţii care intră în componenţa celor două formule, (6) şi (7).

3. Pentru stabilirea relaţiilor fizice, a legăturii care există între mărimile utilizate la descrierea fenomenelor fizice, poate fi utilizată şi analiza dimensională. Această metodă se bazează pe teorema fundamentală a analizei dimensionale, riguros demonstrată, conform căreia, în cazul de față, funcția mărimilor utilizate la descriere :

$$f(\sigma,\ D,\ \rho_l,\ \eta_l,\ d,\ \rho_g,\ v) = 0 \qquad (8)$$

poate fi pusă sub forma unui produs de puteri :

$$d = k\,\sigma^a\,D^b\ \rho_l^c\,\eta_l^d\,\rho_g^e\,v^f, \qquad (9)$$

în care exponenții de mărime a, b, c și factorul numeric k au valori unice, întregi sau raționale, pozitive sau negative și constituie necunoscutele problemei.

Pentru determinarea valorilor unice ale exponenților de mărime, această metodă apelează la principiul omogenității, conform căruia orice relație matematică din fizică are aceleași dimensiuni de ambele părți ale semnului de egalitate.

Dimensiunile mărimilor din (9), în sistemul de unități cu trei mărimi fundamentale utilizat în mecanică, sînt următoarele :

$$\left.\begin{array}{ll} [d] = L & [\rho] = L^{-3}M \\ [\sigma] = MT^{-2} & [\eta] = L^{-1}MT^{-1} \\ [D] = L & [v] = LT^{-1} \end{array}\right\} \qquad (10)$$

Se introduc ecuațiile (10) în (9) :

$$L = (MT^{-2})^a\,(L)^b\,(L^{-3}M)^c\,(L^{-1}MT^{-1})^d\,(L^{-3}M)^e\,(LT^{-1})^f \qquad (11)$$

și prin aplicarea principiului omogenității se obține sistemul :

$$\left.\begin{array}{r} b - 3c - d - 3e + f = 1 \\ a + c + d + e = 0 \\ -2a - d - f = 0 \end{array}\right\}, \qquad (12)$$

format din trei ecuații liniare, neomogene, cu șase necunoscute. În aceste condiții, sistemul (12) este nedeterminat sau admite o infinitate de soluții. Rezultă, deci, că analiza dimensională, în forma cunoscută din literatura de specialitate, este ineficace pentru stabilirea relației în cazul fenomenului de pulverizare a lichidelor.

4. În cele ce urmează ne propunem să utilizăm analiza dimensională pentru stabilirea relației preconizate de teorema fundamentală a analizei dimensionale. Pentru acestea este necesar să fie ridicată nedeterminarea sistemului de ecuații care se obține prin aplicarea principiului omogenității, ceea ce înseamnă că din infinitatea de soluții, care conduc la același număr de relații dimensional valabile, să fie selectată soluția cu valorile unice din relația fizic valabilă.

În vederea realizării acestui scop, se scrie relația (9) sub forma :

$$\rho_l^c\ \rho_g^e\ v^f\ d^g = k\ \sigma^a\ D^b\,\eta_l^d, \qquad (13)$$

care se deosebește de relația (9) prin aceea că se afectează exponenți necunoscuți la toate mărimile și se distribuie mărimile între cei doi membri.

Această distribuție a mărimilor a rezultat din ecuațiile (6) și (7).

Se introduc ecuațiile (10) în (13) :

$$(L^{-3}M)^c\ (L^{-3}M)^e\,(LT^{-1})^f\,(L)^g = (MT^{-2})^a\,(L)^b\,(L^{-1}MT^{-1})^d, \qquad (14)$$

iar prin aplicarea principiului omogenității se obține sistemul :

$$\left.\begin{array}{r} b + 3c - d + 3e - f - g = 0 \\ a - c + d - e = 0 \\ -2a - d + f = 0, \end{array}\right\} \qquad (15)$$

format din $e^\star = 3$ ecuații liniare, omogene, cu $n^\star = 7$ necunoscute (o necunoscută în plus față de sistemul precedent).

Sistemul de ecuații (15) s-a obținut din relația (13), care a fost scrisă în conformitate cu teorema fundamentală a analizei dimensionale generale ; acest sistem de ecuații este de tip diafontic și, în baza celor arătate în [3], [4], [5], prezintă următoarele caracteristici :

— este nedeterminat, sau admite o infinitate de soluții, deoarece $e^\star < n^\star$;

— admite numai soluții pozitive, deoarece s-au distribuit mărimile între cei doi membri ai relației înainte de aplicarea principiului omogenității ;

— admite numai soluții întregi, deoarece s-au afectat exponenții necunoscuți la toate mărimile utilizate la descriere.

Pentru rezolvarea acestui sistem de ecuații se utilizează legea valorilor minime, întregi, pozitive, care este valabilă în condițiile analizei dimensionale generale [3], [4]. Din diferența $n^\star - e^\star = 7 - 3 = 4$ rezultă că trebuie să se admită patru valori arbitrare. Din ecuația a treia, care conține cele mai puține necunoscute, rezultă $f = 2a + d$; valorile minime arbitrare care trebuie adoptate sînt $a = d = 1$, în care caz $f = 3$.

Cu aceste valori, din ecuația a doua, care conține o necunoscută în plus (4 necunoscute), rezultă $c + e = 2$, ceea ce conduce la $c = e = 1$. În final, din prima ecuație se obține $g - b = 2$, de unde rezultă că $b = 1$, iar $g = 3$.

Cu aceste valori relația (13) devine :

$$\rho_l\,\rho_g\,v^3\,d^3 = k\,\sigma\,D\,\eta_l,$$

iar diametrul mediu al picăturilor :

$$d = k\sqrt[3]{\frac{\sigma\,D\,\eta_l}{\rho_l\,\rho_g\,v^3}}. \qquad (16)$$

Pentru stabilirea valorii factorului numeric k din relația (16) se iau în considerare rezultatele măsurătorilor experimentale care au fost făcute la pulverizarea apei, gazul înconjurător fiind aerul. Măsurătorile au condus la curba din figura 1, în care se reprezintă $d = f(v)$. Din figură rezultă valorile redate în tabela 1.

Tabela 1

v, m/s	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$10^6\,d$, m	562	273	180	132,8	105,3	87,2	74,2	64,7	57,2	51,3

Pentru celelalte mărimi din relația (16) se iau în considerare următoarele valori : $\sigma = 7{,}33 \times 10^{-3}$ kg/m, $\eta_l = 10{,}2 \times 10^{-6}$ kgs/m², $\rho_l = 101{,}7$ kgs²/m⁴, $\rho_g = 0{,}123$ kgs²/m⁴, iar diametrul duzei $D = 1{,}5 \times 10^{-3}$ m.

Cu aceste valori și cele din tabela 1, relația (16) conduce la valorile factorului numeric k, indicate în tabela 2.

Tabela 2

v, m/s	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
k	25,2	24,5	24,2	23,9	23,7	23,5	23,3	23,2	23,1	23,0

Din tabela 2 rezultă că valorile obținute pentru factorul numeric se grupează restrîns între limitele 23...25,2 ; în această situație poate fi admisă valoarea unică $k = 23{,}8$, dată de media ponderată $k = \sum_{1}^{n} k_n : n$, în care $n = 10$ reprezintă numărul citirilor din curbă.

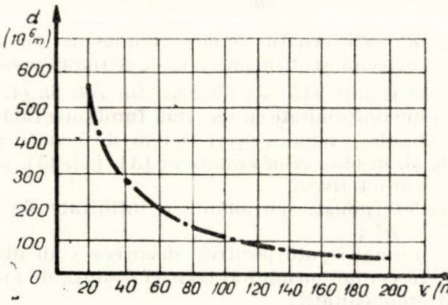


Fig. 1. Variația diametrului mediu al picăturilor de fluid pulverizat.

Valorile unice ale exponenților de mărime și valoarea constantă a factorului numeric, furnizate respectiv de analiza dimensională generală și de măsurătorile experimentale, conduc la relația :

$$d = 23{,}8 \, \frac{1}{v} \sqrt[3]{\frac{\sigma D \eta_l}{\rho_l \, \rho_g}}, \tag{17}$$

care este în conformitate cu teorema fundamentală a analizei dimensionale.

Valorile diametrului mediu al picăturilor care se obțin cu relația (17) diferă de cele din tabela 1, datorită valorii medii adoptate pentru factorul numeric. Aceste diferențe, considerate ca erori, rezultă din tabela 3.

Tabela 3

v, m/s	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$d_{măsurat}$	562	273	180	132,8	105,3	82,7	74,2	64,7	57,2	51,3
$d_{calculat}$	532	266	177	132,0	105,7	83,7	75,8	66,4	58,9	53,6
Δd	−30	−7	−3	−0,8	+0,4	+1	+1,6	+1,7	+1,7	+2,3
ε, %	5,3	2,5	1,7	0,6	0,4	1,2	2,1	2,5	3,0	4,5

În baza acestor rezultate se consideră că relația (17) este fizic valabilă și, în consecință, poate fi utilizată în practică în locul relației (6), care, după cum se prezintă, conduce la calcule cu mult mai laborioase.

5. Pentru stabilirea relației (17) s-a luat în considerare funcția mărimilor din ecuația Weber, care, după cum s-a arătat, rezultă din integrarea particularizată a sistemului de ecuații care descriu fenomenul pulverizării.

Din ecuația diferențială Navier-Stokes, scrisă pentru regimul staționar ($\partial v : \partial t = 0$) de curgere a lichidului și a gazului înconjurător, și din ecuația continuității, scrisă de asemenea pentru ambele fluide, rezultă următoarea funcție de mărimi :

$$f(v,\ g,\ \rho_l,\ \rho_g,\ p_l,\ p_g,\ \eta_l,\ \eta_g) = 0. \tag{18}$$

Din ecuația Laplace, care reprezintă o condiție la limită rezultă :

$$p_l - p_g = \Delta p = \frac{4\sigma}{d}, \tag{19}$$

iar din condițiile la limită referitoare la repartițiile vitezelor rezultă că trebuie să mai fie luat în considerare, ca făcînd parte dintre mărimile utilizate la descriere, diametrul orificiului duzei :

$$D = 2a. \tag{20}$$

Din (18), (19) și (20) rezultă o nouă funcție de mărimi fizice :

$$f(v,\ g,\ \eta_l,\ \eta_g,\ p_l,\ p_g,\ \rho_l,\ \rho_g,\ \sigma,\ d,\ D) = 0, \tag{21}$$

iar din comparația cu funcția precedentă (8) rezultă că în (21) au fost incluse noi mărimi fizice, care au fost utilizate, de asemenea, la descrierea fenomenului ; rezultă deci că funcția (21) este mai corespunzătoare fenomenului pulverizării.

În vederea utilizării analizei dimensionale generale pentru stabilirea relației de legătură dintre mărimile din (21), este necesar ca, în prealabil, mărimile să fie distribuite între cei doi membri ai relației. Din (17) rezultă că mărimile v, d, ρ_l și ρ_g sînt în același membru, iar mărimile σ, D și η_l sînt în celălalt membru.

Ținînd seamă de ecuația Navier — Stokes, mărimea η_g va fi în același membru cu η_l, accelerația gravitației în același membru cu viscozitatea, iar presiunea (p_l și p_g) în același membru cu densitatea. Rezultă, deci, că mărimile utilizate la descrierea fenomenului se distribuie astfel :

$$f_1(d,\ v,\ p_l,\ p_g,\ \rho_l,\ \rho_g) = f_2(\sigma,\ D,\ \eta_l,\ \eta_g,\ g). \tag{22}$$

În această formă, funcția (22) conduce, în analiza dimensională generală, la valori raționale pentru unele necunoscute, din care cauză nu poate fi luată în considerare.

Dacă se face modificarea ca în locul presiunii, densității și viscozității, considerate separate pentru lichid și mediul gazos, să se ia în considerare diferențele Δp, $\Delta\eta$ și $\Delta\rho$ factorul numeric este variabil ($k \neq$ const.), ceea ce este în contradicție cu teorema fundamentală a analizei dimensionale.

În această situație se ia în considerare faptul că presiunea poate fi înlocuită cu greutatea specifică. Cu această nouă funcție de mărimi, în care se înlocuiesc p_l și p_g cu γ_l și γ_g, analiza dimensională conduce la valori nule pentru unele necunoscute și deci la eliminarea mărimilor respective.

Funcția mărimilor care conduce în acest caz la o relație în conformitate cu teorema fundamentală a analizei dimensionale generale (valori minime, întregi, pozitive pentru exponenții de mărime) și la o valoare constantă pentru factorul numeric este următoarea :

$$d^a\, v^b\ \Delta^c\gamma\ \ \Delta^d\rho = k'\,\sigma^e\, D^f\ \Delta^h\eta\, g^i. \tag{23}$$

Dimensiunile mărimilor din (23), în sistemul de unităţi cu trei mărimi fundamentale, sînt următoarele:

$$\left.\begin{array}{llll} [d] = L & & [\sigma] & = MT^{-2} \\ [v] = LT^{-1} & & [D] & = L \\ [\Delta\gamma] = L^{-2}MT^{-2} & & [\Delta\eta] & = L^{-1}MT^{-1} \\ [\Delta\rho] = L^{-3}M & & [g] & = LT^{-2}. \end{array}\right\} \quad (24)$$

Se introduc ecuaţiile (24) în (23):

$$\begin{aligned} & L^{a}(LT^{-1})^{b}(L^{-2}MT^{-2})^{c}(L^{-3}M)^{d} = \\ & = (MT^{-2})^{e}(L)^{f}(L^{-1}MT^{-1})^{h}(LT^{-2})^{i} \end{aligned} \quad (25)$$

iar prin aplicarea principiului omogenităţii se obţine un sistem format din $e^{*} = 3$ ecuaţii liniare, omogene, cu $n^{*} = 8$ necunoscute (o necunoscută în plus faţă de sistemul anterior):

$$\left.\begin{array}{r} a + b - 2c - 3d = f - h + i \\ c + d = e + h \\ -b - 2c = -2l - h - 2i. \end{array}\right\} \quad (26)$$

Ca şi în cazul precedent, la rezolvarea sistemului de ecuaţii (26) se utilizează legea valorilor minime, întregi, pozitive; întrucît $n^{*} - e^{*} = 8 - 3 = 5$, rezultă că sînt necesare cinci valori arbitrare. Din ecuaţia a doua rezultă $c = d = e = h = 1$; cu aceste valori, ultima ecuaţie devine $b = 2i + 1$, de unde pentru $i = 1$ se obţine $b = 3$.

În final, din prima ecuaţie, care pentru valorile cunoscute se reduce la ecuaţia $a - f = 2$, rezultă $a = 3$ cînd $f = 1$.

Cu aceste valori, relaţia (23) devine:

$$d^{3} v^{3} \Delta\gamma \, \Delta\rho = k' \sigma D \Delta \eta g \quad ,$$

iar diametrul mediu al picăturilor:

$$d = k' \frac{1}{v} \sqrt[3]{\frac{\sigma D \Delta\eta g}{\Delta\gamma \Delta\rho}}. \quad (27)$$

Pentru stabilirea valorii factorului numeric k' se iau în considerare rezultatele măsurătorilor experimentale date în tabela 1 şi următoarele valori noi pentru mărimile din (27): $\eta g = 1{,}85 \times 10^{-6}$ kg s/m², $\Delta\eta = 100{,}15 \times 10^{-6}$ kg s/m², $g = 9{,}81$ m/s², $\gamma_l = 998$ kg/m³, $\gamma g = 1{,}20$ kg/m³, $\Delta\gamma = 996{,}80$ kg/m³, $\Delta\rho = 101{,}577$ kgs²/m⁴.

Valorile factorului numeric la care conduce relaţia (27) sînt indicate în tabela 4.

Valoarea unică a factorului numeric obţinută, de asemenea, ca medie ponderată este $k' = 224$; relaţia (27) devine:

$$d = 224 \frac{1}{v} \sqrt[3]{\frac{\sigma D \Delta\eta g}{\Delta\gamma \Delta\rho}}. \quad (28)$$

Tabela 4

v,m/s	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
10^6 d, m	562	273	180	132,8	105,3	87,2	74,2	64,7	57,2	51,3
k'	237	231	228	225	223	222	220	219	218	217

Diferenţele dintre valorile măsurate şi valorile calculate cu relaţia (28) sînt similare celor obţinute cu relaţia (17).

În baza acestor rezultate se consideră că şi relaţia (28) este fizic valabilă pentru fenomenul pulverizării lichidelor. Relaţia (28) este superioară relaţiei (17), deoarece ţine seamă de toate mărimile utilizate la descriere. Acest rezultat ar trebui să fie obţinut pe cale analitică, prin rezolvarea sistemului de ecuaţii Navier-Stokes şi a continuităţii, ceea ce pînă în prezent nu s-a putut realiza din cauza dificultăţilor de natură matematică; relaţia (28), stabilită pe considerente dimensionale, ar putea să completeze studiul teoretic.

Bibliografie

[1] Popov, M. *Încercări pe modele cu pulverizarea fluidelor.* În: Studii şi cercetări de mecanică aplicată, Bucureşti, **VII**, 1956, nr. 1, p. 9—27.

[2] Ungureanu, C. *Pulverizarea combustibililor cu ajutorul injectoarelor pneumatice de joasă presiune.* În: Energetica, Bucureşti, **10**, 1962, nr. 8, p. 313—319.

[3] Staicu, C. I. *Asupra stabilirii unor relaţii fizico-chimice.* În: Studii şi cercetări de fizică, Bucureşti, **IX**, 1958, nr. 4, p. 562—567.

[4] Staicu, C. I. *Aplicaţii ale principiului omogenităţii conservării. Stabilirea relaţiilor fizico-chimice în baza principiului valorilor mici, întregi, pozitive.* În: Meteorologia aplicată, Bucureşti, 1959, **6**, nr. 1, p. 24—28.

[5] Staicu, C. I. *Teorema fundamentală a analizei dimensionale generale.* În: Studii şi cercetări ştiinţifice—Fizică şi ştiinţe tehnice, Iaşi, **XIII**, 1962, fasc. 2, p. 159—172.

Stadiul actual al termoficării în R.P.R. comparativ cu nivelul tehnic mondial

Ing. *H. FURTUNESCU*

Termoficarea a căpătat o largă dezvoltare în multe țări, pe primul loc situîndu-se realizările obținute în U.R.S.S. Realizări importante s-au obținut și în alte țări, printre care se remarcă cele din R. P. Polonă, R. S. Cehoslovacă, Danemarca, R. F. Germană etc.

Deși în R.P.R., soluțiile de termoficare s-au aplicat pe scară largă numai în perioada după cel de-al doilea război mondial, în legătură cu dezvoltarea în ritm rapid a economiei naționale pe drumul construirii socialismului s-au obținut în scurt timp realizări importante și la un nivel tehnic ridicat.

În trecut nu au existat în țara noastră decît instalații disparate de producere combinată de energie electrică și de căldură, cu caracter exclusiv industrial. Ele au apărut la diferite industrii datorită necesității de a dispune de energie electrică și căldură în zone depărtate de rețelele electrice publice. Construcția acestor instalații a fost sporadică, și nu ca rezultat al unor considerente energetice de ansamblu.

Primele preocupări sistematice pentru aplicarea termoficării în țara noastră au apărut în planul de electrificare pe perioada 1951. . .1960, în cadrul mai larg al acțiunii de folosire cît mai corespunzătoare a resurselor noastre energetice.

Limitată, în primul plan cincinal, mai ales la realizări sub forma termoficării industriale, termoficarea cuprinde spre sfîrșitul celui de-al doilea plan cincinal și domeniul termoficării urbane. În prezent termoficarea se dezvoltă într-o măsură crescîndă în ambele domenii. După cum se știe, prin Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. cu privire la dezvoltarea economiei naționale în anii 1960—1965, se prevede pentru această perioadă ca peste 40% din puterea electrică ce se va instala să fie în termoficare.

Programul de dezvoltare, caracterizat printr-o creștere anuală de peste 13% a producției în țara noastră, indică o mărire excepțională a producției industriale. Aceasta, împreună cu construcția intensă de locuințe, duce la apariția simultană a unor puternice baze de consum termic și a unor cereri masive de putere și energie electrică.

Astfel, rolul termoficării a devenit foarte important în economia energetică a țării noastre, ducînd la obținerea unor importante avantaje economice.

În aceste condiții prezintă interes a se face o examinare comparativă între stadiul atins actualmente de termoficare în R.P.R., în instalațiile realizate și cele în curs de execuție și proiectare, și nivelul tehnic mondial în acest domeniu. În acest scop, în cele ce urmează se va face o scurtă trecere în revistă a dezvoltării termoficării în țările capitaliste — despre care există mai puține materiale publicate — și se vor expune, în continuare, completări privind cele mai noi preocupări din U.R.S.S. și celelalte țări socialiste, al căror stadiu de dezvoltare în privința termoficării este mult mai bine cunoscut [1, 2, 3].

I. Dezvoltarea termoficării în țările capitaliste

În țările capitaliste, pînă la cel de-al doilea război mondial, termoficarea s-a dezvoltat încet datorită crizelor economice și stagnărilor în dezvoltarea economiei.

După cel de-al doilea război mondial s-a constatat un interes mare pentru aplicarea termoficării îndeosebi în țările în care combustibilul este scump (Danemarca, R.F.G.), în special în legătură cu refacerea și dezvoltarea industriei și a orașelor distruse în timpul războiului. Pentru mărirea economicității soluțiilor de termoficare are loc o creștere continuă a puterilor unitare ale grupurilor de termoficare din centrale paralel cu ridicarea parametrilor aburului viu, spre a se putea menține avantajele economice comparativ cu marile centrale electrice de condensație. Se observă, de asemenea, utilizarea agregatelor de bază din centrale electrice mari pentru livrarea de căldură în scopul îmbunătățirii indicilor de exploatare.

1. *Dezvoltarea termoficării în S.U.A.*

Bazele dezvoltării alimentării centralizate cu căldură s-au pus o dată cu realizarea în S.U.A. în 1877 a instalațiilor de alimentare cu căldură din localitatea Lockport. Începînd din acea perioadă au apărut o serie de societăți de alimentare cu căldură în foarte multe localități, bazate pe dezvoltarea rapidă a cartierelor centrale comerciale din marile orașe. În timp, apariția acestor societăți de alimentare cu căldură se situează în majoritatea localităților înainte de apariția companiilor și societăților de electricitate.

Actualmente soluțiile de alimentare centralizată cu căldură se folosesc în peste 300 de localități din S.U.A.

Dintre centralele electrice de termoficare destinate alimentării cu căldură a orașelor se poate menționa centrala electrică „Watterside", din New-York. După preluarea societății de abur din New-York de către societatea de electricitate „Edison", vechea centrală de condensație „Watterside" a fost reprofilată pentru termoficare prin montarea unui ciclu înaintaș. Aburul se livrează de la contrapresiunea turbinelor înaintașe la presiunea de 29 ata din bara din care sînt alimentate și turbinele vechi de condensație.

Pentru consumatorii exteriori se livrează o cantitate de abur de 800 t/h, ceea ce constituie circa 25% din sarcina termică maximă a rețelei.

Căldura livrată anual de la contrapresiunea acestor turbine constituie 40% din consumul total de căldură. La rețelele termice din New-York, care au o lungime totală a traseului conductelor magistrale de 140 km, sînt racordați 2400 de mari consumatori ; diametrul maxim de conductă magistrală este de 800 mm. Sarcinile de vîrf și alimentarea cu căldură a cartierelor situate la distanțe mari de CET se acoperă din centrale termice cu o capacitate instalată mergînd pînă la 1000 t/h abur.

În orașele Lansing și Kansas-City există centrale electrice de termoficare destinate în special acoperirii sarcinilor termice urbane. Aceste CET sînt de importanță minoră din punct de vedere energetic.

În restul orașelor din S.U.A. se folosesc centrale termice sau săli de cazane ale unor centrale electrice vechi. În cîteva orașe (Rochester, Pittsburg, Detroit) sînt montate, în astfel de centrale, turbine mici de contrapresiune, utilizate ca mașini de casă pentru acoperirea consumului propriu.

Durata de utilizare a sarcinii termice maxime cu caracter urban oscilează între 1800 și 2500 ore pe an. În ultimii ani se constată tendința de majorare a coeficientului de utilizare a instalațiilor de alimentare cu căldură prin racordarea de instalații de condiționare, de instalații frigorifice locale funcționînd cu abur și chiar construirea unor instalații frigorifice centralizate pentru livrarea de frig prin apă răcită sau alți agenți purtători.

În ceea ce privește termoficarea industrială există anumite realizări, dintre care se remarcă o serie de CET realizate de către societățile de electricitate pentru livrarea de căldură unor întreprinderi industriale. Astfel se remarcă realizarea în 1940 a trei CET cu grupuri de 50 MW, cu prize reglabile, destinate alimentării cu abur a unor rafinării de petrol la presiunea de 17. . .21 ata. Alte centrale mai noi sînt CET de la Beton-Roudge (Louisiana), destinată alimentării cu abur a unor rafinării de petrol, și CET Linden, echipată cu două turbine de cîte 225 MW cu prize reglabile ce livrează 500 t/h abur unei rafinării de petrol. În apropiere de New York, la CET Astoria se remarcă turboagregatul de 340 MW, cu prize nereglabile, care livrează din aceste prize 180 t/h abur la o uzină de chimizare învecinată.

Exceptînd realizările de la CET Linden şi CET Astoria, ca fiind unicate, se constată că puterea unitară maximă a turbinelor cu o priză reglabilă este de 50 MW, iar a turbinelor cu două prize reglabile — de 40 MW.

În ultimii ani, în S.U.A., practic, s-a sistat punerea în funcţiune de agregate noi în centrale industriale. Astfel, în perioada 1956—1959 s-au montat numai 500 MW, din care 400 MW în grupuri cu prize reglabile şi condensaţie şi 100 MW în grupuri cu contrapresiune.

Puterea instalată în centrale electrice industriale (inclusiv grupurile de condensaţie din centrale electrice industriale, care au de departe ponderea cea mai mare) era în 1947—1948 de circa 20...23 % din puterea totală instalată în centralele electrice din S.U.A., scăzînd în 1961 la circa 13 %, iar pentru perioada de perspectivă de 20 de ani se prevede scăderea în continuare pînă la circa 9...10 % din puterea totală instalată.

2. *Dezvoltarea termoficării în R.F.G.*

Printre primele instalaţii de termoficare din Europa se numără cele care au apărut în Germania încă din perioada 1908—1910. De atunci şi pînă la cel de-al doilea război mondial au apărut instalaţii de termoficare urbană şi industrială în genere de puteri mici.

După al doilea război mondial, în legătură cu reconstrucţia de locuinţe în oraşe şi refacerea întreprinderilor industriale, în R.F.G. s-au realizat o serie de instalaţii de termoficare. Soluţiile de termoficare au fost determinate şi de deficitul de combustibil şi costul relativ ridicat al acestuia în perioada următoare terminării războiului.

Noile CET sînt echipate cu echipament modern. Majoritatea centralelor electrice de termoficare destinate alimentării cu căldură a oraşelor sînt realizate la parametri peste 80...100 ata şi peste 500 °C.

Primele agregate de parametri foarte înalţi au fost utilizate în CET industriale (presiuni de ordinul 160...300 ata şi temperatura aburului viu de 600 °C).

Se constată că, în genere, CET industriale nu livrează căldură pentru acoperirea necesităţilor localităţilor învecinate.

Există şi excepţii, ca spre exemplu CET a uzinei de automobile din Wolfsburg, care livrează căldură pentru uzină şi pentru un cvartal de locuinţe avînd aproape 5000 apartamente.

În ceea ce priveşte soluţiile aplicate se remarcă următoarele cazuri reprezentative :

1) Alimentarea cu căldură a oraşului Stuttgart este realizată dintr-o CET amplasată la o distanţă de 6 km de oraş şi un cazan amplasat în oraş destinat acoperirii vîrfului de sarcină termică.

Producţia specifică de energie electrică este de 516 kWh/Gcal, la o livrare anuală de 150 000 Gcal/an în prima etapă şi de 400 000 Gcal/an în etapa finală.

2) Pentru alimentarea cartierelor noi de locuinţe din oraşul Bremen (destinate pentru 40 000 locuitori) s-a aplicat soluţia de acoperire a necesităţilor de căldură din CET Vahr de 50 MW, echipată cu două turbine cu gaze de 25 MW fiecare.

Acoperirea vîrfului de sarcină termică se face din cazane de vîrf cu combustibil lichid şi cazane electrice amplasate la CET. Ca agent de transport de căldură se foloseşte apa fierbinte la parametrii de 130/70 °C. Sarcina termică aferentă cartierelor noi de locuinţe este de 88 Gcal/h.

Producţia specifică de energie electrică proiectată este de 830 kWh/Gcal şi cea realizată de 852 kWh/Gcal.

Dezvoltarea centralei s-a făcut pe etape, realizîndu-se la început cazanele de vîrf şi apoi turbinele cu gaze.

Din literatura tehnică de specialitate din R.F.G., rezultă, în ultimii ani, un interes pentru aplicarea termoficării, indicîndu-se posibilitatea acoperirii unei părţi însemnate din necesităţile de energie electrică prin construirea de CET, în special, destinate satisfacerii necesităţilor de căldură ale oraşelor.

În ultimii ani, puterea instalată în centrale industriale a atins 38 % din puterea totală. Această cifră nu reprezintă însă numai puterea în grupuri de termoficare cu prize reglabile şi cu contrapresiune, aici fiind incluse şi centrale electrice de mare putere cu condensaţie construite în ultimul timp de societăţile carbonifere.

3. *Dezvoltarea termoficării în Danemarca*

În Danemarca termoficarea s-a dezvoltat pe o cale proprie şi oarecum deosebită. Pentru alimentarea cu căldură a localităţilor s-au utilizat centralele electrice de bază echipate cu grupuri de condensaţie şi prize, precum şi centrale electrice cu motoare Diesel utilate cu instalaţii de recuperare.

Alimentarea cu căldură a oraşului Copenhaga se realizează din trei CET avînd puteri instalate de 155, 82 şi 17 MW. Lungimea reţelelor de termoficare este de 54 km, sarcina termică racordată fiind de 280 Gcal/h. Producţia specifică de energie electrică este de 480 kWh/Gcal la o livrare anuală de căldură de 400 000 Gcal.

Alimentarea cu căldură a oraşului Aarhus se realizează de la o CET de 125 MW. Lungimea reţelelor de termoficare este de 44 km, sarcina termică racordată fiind de circa 160 Gcal/h.

Pe lîngă acestea se remarcă şi CET Odensee — de 90 MW, Aalborg — de 117,5 MW, Randers — de 40 MW şi Esbjerg — de 123 MW.

Toate aceste centrale sînt utilate cu echipament modern cu parametrii aburului viu de 60...112 ata şi 475...510 °C. Puterile maxime ale turbinelor de termoficare sînt de 75 MW (CET Aarhus) şi 64 MW (CET Esbjerg).

Dezvoltarea pe scară largă a termoficării în Danemarca a fost determinată de inexistenţa unor resurse proprii de combustibil şi rezultată din considerente de utilizare cît mai raţională a combustibilului, deşi sarcinile termice acoperite nu sînt prea mari, iar densitatea termică este redusă.

Pentru termoficarea urbană, agentul termic cel mai folosit este apa fierbinte avînd parametrii de 100...120 °C/60...70 °C. În cazul alimentării cu abur a industriilor se adoptă aburul ca agent termic şi pentru sarcinile termice urbane de încălzire şi alimentare cu apă caldă.

În ceea ce priveşte nivelul de producere de energie electrică pe termoficare, Danemarca se află pe unul dintre primele locuri în lume. Din cele 11 centrale electrice cu abur de mare putere, şapte sînt CET şi produc pe baza consumului de căldură 22 % din producţia lor totală de energie electrică, ceea ce revine la 9 % din producţia de energie electrică din întreaga ţară.

*

În restul ţărilor din Europa occidentală nu se remarcă situaţii deosebite, trăsătura comună fiind dezvoltarea redusă a termoficării în raport cu posibilităţile.

4. *Termoficarea ca factor de raţionalizare a economiei energetice în vederile energeticienilor din S.U.A. şi Europa occidentală*

Energeticienii din S.U.A. şi din ţările Europei occidentale, unde se poate pune problema extinderii sau aplicării pe scară largă a termoficării, au puncte de vedere proprii diferite între ele asupra căilor de dezvoltare a termoficării, însă toţi recunosc marile posibilităţi pe care le oferă producerea combinată de energie electrică şi căldură.

Astfel, după studiile efectuate în R.F.G., rezultă că pe baza termoficării oraşelor cu peste 30 000 de locuitori se pot instala CET cu o putere totală de peste 7 000 MW, la care se adaugă puterea posibilă de instalat în CET industriale. În referatul prezentat de delegaţia R.F.G. la Conferinţa Mondială pentru Energie de la Melbourne din 1962 se arată tendinţa aplicării soluţiilor de termoficare urbană în toate oraşele avînd peste 50 000 de locuitori.

Dacă actualmente în R.F.G. energia electrică produsă în termoficare constituie circa 9...10 TWh, adică aproape 10 % din producţia totală de energie electrică, numai prin aplicarea pe scară largă a soluţiilor de termoficare industrială se pot obţine suplimentar 20...30 TWh anual, cu care s-ar putea acoperi necesităţile de energie ale industriei şi s-ar putea livra suplimentar energie electrică şi în alte scopuri.

Din studiile prealabile întocmite în Anglia a rezultat că, prin raţionalizarea alimentării cu căldură a întreprinderilor industriale, peste 40 % din energia electrică necesară acestora s-ar putea produce pe baza consumului de căldură. Dezvoltarea termoficării se loveşte de dificultăţi mari, generate în primul rînd de contradicţiile sistemului capitalist. Aplicarea termoficării este frînată de investiţiile mari necesare atît construirii reţelelor de termoficare cît şi, în special, centralelor electrice de termoficare.

În ţările capitaliste, în marea majoritate a cazurilor, investiţia nu apare sigură, deoarece nu există siguranţa racordării tuturor abonaţilor luaţi în considerare şi menţinerii în viitor, pe o durată suficientă, a sarcinii termice racordate. Dezvoltarea unui sistem de termoficare şi mărirea încărcării reţelelor termice şi a centralei electrice de termoficare se fac ulterior, de regulă, prin aplicarea de tarife preferenţiale sau cu acordare de condiţii avantajoase de racordare.

Pe scurt, se poate spune că diferenţa mare între nivelul posibilităţilor şi nivelul realizărilor în domeniul aplicării termoficării în ţările capitaliste se datoreşte în primul rînd instabilităţii economice, care generează neîncredere pentru plasamentele de capital în condiţiile unei probabilităţi reduse specifice sistemului economic în ce priveşte asigurarea avantajelor economice scontate.

Se observă cazuri în care nu se poate vorbi de introducerea termoficării într-o zonă teritorială, ci de racordarea unor consumatori care prezintă interes. Aceasta conduce la soluţii energetice de nivel mediu şi la o eficacitate redusă a termoficării.

Realizarea pe scară largă în Danemarca a unor soluţii raţionale de termoficare se datoreşte faptului că sursele de energie electrică şi căldură sînt unice, iar concurenţa generată de ,,posibilităţile multiple'' a fost redusă la minimum, factorul determinant fiind inexistenţa unor resurse proprii de combustibil.

În privinţa termoficării urbane, în literatura de specialitate se subliniază în mod constant că termoficarea oraşelor nu se poate concepe fără alocarea de fonduri importante din partea statului sau administraţiei oraşului, date fiind termenele lungi de recuperare a investiţiilor, însă că azi introducerea termoficării urbane constituie una dintre cele mai importante probleme actuale ale construcţiei oraşelor.

Renunţîndu-se, în multe cazuri, la producerea combinată de energie electrică şi căldură, a fost necesară găsirea unor soluţii noi în ceea ce priveşte simplificarea schemelor de alimentare cu căldură şi micşorarea corespunzătoare a investiţiilor necesare pentru sursele de căldură şi reţelele termice. Una dintre aceste soluţii o constituie trecerea la mărirea temperaturii apei din reţeaua termică pînă la 235 °C şi utilizarea în centrale termice de cazane cu circulaţie forţată de apă fierbinte. Această soluţie a fost aplicată în S.U.A., pentru livrare de căldură la industrii şi cartiere de locuinţe.

Paralel cu aceasta se arată că renunţarea la soluţiile de termoficare conduce la plafonarea randamentelor maxime de producere a energiei electrice la 40...45 %, adică la limita maximă posibilă de realizat în centralele mari de condensaţie cu echipament modern.

II. Dezvoltarea termoficării în ţările socialiste

Examinînd situaţia şi dezvoltarea termoficării în ţările socialiste, se poate constata că termoficarea s-a aplicat şi se aplică pe o scară tot mai largă şi în măsură crescîndă datorită dezvoltării planice armonioase a economiei acestor ţări.

Cea mai largă dezvoltare a termoficării are loc în U.R.S.S., unde s-a realizat o extindere şi o îmbunătăţire continuă a soluţiilor de termoficare. Puterea instalată în unităţi de termoficare a crescut în mod continuu. Este de remarcat faptul că necesităţile de căldură ale industriilor din U.R.S.S., erau acoperite în 1955 în proporţie de 45 % din CET, urmînd ca pînă în anul 1965 să se realizeze o acoperire a consumurilor industriale de energie termică din CET în proporţie de 62 %. De asemenea acoperirea din CET a necesităţilor de căldură ale oraşelor se prevede să atingă circa 25 % în 1965, faţă de circa 9,5 % în 1955.

Trăsătura generală comună pentru toate ţările lagărului socialist o constituie faptul că dezvoltarea importantă şi pe scară largă a termoficării se face o dată cu dezvoltarea tuturor ramurilor economiei. În perioada de dezvoltare capitalistă a acestor ţări, termoficarea era practic inexistentă, întîlnindu-se cazuri izolate de aplicare a unor soluţii de termoficare.

Această trăsătură specifică a făcut ca în dezvoltarea termoficării din R.P. Polonă, R. D. Germană, R. S. Cehoslovacă, R. P. Ungară, R. P. Bulgaria să se utilizeze experienţa bogată a U.R.S.S. în domeniul termoficării. Ţinînd seamă de schimbul larg de informări şi documentaţii dintre ţările membre CAER, de sprijinul acordat de U.R.S.S. celorlalte ţări socialiste în dezvoltarea lor prin livrarea de proiecte şi utilaje, rezultă ca o consecinţă logică apariţia unor game de soluţii specifice ţărilor socialiste în ceea ce priveşte dezvoltarea termoficării.

În marile CET din ţările socialiste existente sau în curs de execuţie sau proiectare se remarcă creşterea continuă a puterilor unitare ale grupurilor de la 25 la 50 MW şi 100 MW, iar pentru viitor se prevede realizarea grupurilor de termoficare de 250 MW. Paralel cu aceasta are loc creşterea parametrilor aburului viu de la 100 ata, 500 °C la 140 ata şi 570 °C, iar pentru viitor la 240 ata şi 580 °C cu supraîncălzire intermediară la 565 °C.

Dintre ultimele realizări se remarcă grupurile destinate acoperirii necesităţilor de căldură ale oraşelor, şi anume turbinele tip VT-50 şi VT-100, la care s-au obţinut indici tehnico-economici superiori şi o mare elasticitate în funcţionare, mergînd de la funcţionarea în regim de condensaţie pură pînă la regim de funcţionare integral pe termoficare. Introducerea cazanelor de vîrf de apă fierbinte constituie un moment important în dezvoltarea termoficării, realizîndu-se o reducere substanţială a investiţiilor necesare realizării CET şi o îmbunătăţire a indicilor de exploatare a CET.

Pentru dezvoltarea termoficării în ţările socialiste a prezentat un interes deosebit faptul că în perioada 1958—1960 în U.R.S.S. a avut loc o discuţie publică amplă referitoare la perspectivele de dezvoltare a termoficării în următorii 15—20 de ani. Descoperirea unor zăcăminte bogate de gaze şi ţiţei, extinderea rapidă a utilizării gazelor naturale şi a păcurii, construirea unor conducte magistrale mari de gaze naturale şi înlocuirea consumului de cărbune în industrie şi pentru uzul populaţiei au condus la modificări în balanţa de combustibili folosiţi şi la o bază nouă de comparare a efectelor obţinute prin termoficare. Tot în aceeaşi perioadă s-a întocmit o serie de studii şi proiecte, s-a tras o serie de concluzii privind funcţionarea utilajelor energetice de parametri înalţi şi s-au conturat liniile de dezvoltare viitoare a centralelor termoelectrice de condensaţie. Creşterea parametrilor, introducerea supraîncălzirii intermediare, mărirea puterii unitare a grupurilor şi a centralelor termoelectrice au ca rezultat reducerea consumurilor specifice de combustibil şi reducerea investiţiilor specifice.

Toate acestea au condus la necesitatea reexaminării bazelor economice şi tehnice ale termoficării şi stabilirii unor linii directoare pentru perioada următoare.

Poziţiile în legătură cu această problemă au fost foarte diferite, exprimîndu-se următoarele soluţii privind satisfacerea necesităţilor de căldură:

a) Renunţarea la alimentarea centralizată cu căldură şi acoperirea necesităţilor de încălzire şi alimentare cu apă caldă prin gaze arse în sobe.

b) Alimentarea cu căldură din microcentrale electrice de termoficare utilizînd gaze naturale.

c) Acoperirea necesităţilor de căldură prin producerea combinată de energie electrică şi căldură şi deci prin aplicarea în continuare a soluţiilor de termoficare.

d) Acoperirea necesităţilor de căldură prin termoficare, integral pentru alimentare cu apă caldă şi parţial pentru încălzire. Vîrful de consum de căldură pentru încălzire se acoperă prin încălzire electrică.

e) Acoperirea integrală a necesităţilor de căldură pentru încălzire şi alimentare cu apă caldă folosind energie electrică.

Pentru clarificarea complexului de probleme s-a întocmit o serie de studii de către Institutul de energetică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., Institutul termotehnic unional, Institutul de energetică din Moscova, precum şi de către Institutele de proiectări ,,Teploelektroproiekt" şi ,,Promenergoproiekt".

Concluziile la care s-a ajuns se pot rezuma astfel :

a) Termoficarea a fost şi va fi soluţia de bază în alimentarea cu căldură a industriilor şi oraşelor, întrucît asigură producerea de energie electrică la preţuri de cost scăzute şi economii importante de combustibil.

b) Este necesară dezvoltarea armonioasă a elementelor ce compun un sistem de termoficare : CET, reţele de termoficare, racorduri şi puncte termice în scopul realizării depline şi efective a avantajelor pe care le prezintă termoficarea.

c) Alimentarea cu căldură pe baza utilizării energiei electrice va avea o pondere practic neglijabilă în balanţa de combustibil şi energie şi se va aplica în cazuri bine justificate, care constituie excepţii de la situaţiile frecvent întîlnite în U.R.S.S. Preluarea vîrfului de consum de căldură prin energie electrică în afara orelor de vîrf conduce la supraconsumuri de căldură şi de combustibil producînd abateri de la regimul termic normal al clădirilor.

Programul adoptat de Congresul al XXII-lea al P.C.U.S. privind dezvoltarea energeticii în U.R.S.S. în perioada pînă în 1980 reflectă adoptarea acestor concluzii. Volumul producţiei de energie electrică şi termică la nivelul anului 1980 şi centralizarea producerii vor duce la un consum de combustibil în centrale termoelectrice egal cu circa 50 % din extracţia totală anuală de combustibil.

În acest scop se prevede construirea de centrale electrice de condensaţie de mare putere şi centrale electrice de termoficare. Pentru dezvoltarea termoficării se prevede realizarea de turbine de mare putere de 250 MW şi mai mult, în afara turbinelor realizate de 50 şi 100 MW, şi să se majoreze eficacitatea termoficării. La nivelul anului 1980, consumul specific mediu în CET urmează să atingă 220—240 g/kWh, faţă de consumul mediu de 280...290 g/kWh pentru centrale termoelectrice.

În perioada pînă în 1980, în U.R..S.S., se prevede realizarea unui număr de circa 200 centrale termoelectrice de condensaţie de mare putere şi circa 260 centrale electrice de termoficare în scopul realizării atît a producţiei prevăzute la nivelul anului 1980, de circa 3000 TWh, din care circa 2500 TWh în centrale termoelectrice, cît şi a reducerii indicilor de consum de combustibil cu circa 39 % faţă de nivelul anului 1960, obţinîndu-se astfel o economie anuală absolută de 470 milioane tone combustibil convenţional la nivelul anului 1980.

*

Liniile directoare de dezvoltare a termoficării pentru etapele viitoare îşi găsesc o ilustrare elocventă în propunerile de dezvoltare a termoficării oraşului Moscova în perioada după 1965.

La etapa de profil s-a adoptat premisa creşterii numărului de locuitori din oraşul propriu-zis pînă la 7,1 milioane şi o suprafaţă locuibilă de 15 m²/locuitor. În mod corespunzător, sarcina termică pe apă fierbinte la etapa de profil a rezultat de 26 550 Gcal/h.

Incluzînd şi raionul Liuberetki, la nivelul anului 1965 rezultă o sarcină termică acoperită prin termoficare de 10 135 Gcal/h şi o putere instalată în CET de 3000 MW.

Pentru etapa de profil a oraşului Moscova s-au examinat două variante de dezvoltare :

a) Varianta minimală, în care sarcina termică acoperită prin termoficare creşte la 11 135 Gcal/h, iar puterea instalată în CET creşte cu numai 500 MW, realizîndu-se astfel o putere totală instalată în CET de 3500 MW.

Restul creşterilor de consum urmează a se acoperi din centrale termice raionale echipate cu cazane perfecţionate de apă fierbinte utilizînd drept combustibil gaze naturale.

b) Varianta maximală, în care sarcina termică acoperită prin termoficare creşte la 21 735 Gcal/h, iar puterea instalată în CET creşte cu 5770 MW, realizîndu-se o putere totală instalată în CET de 8770 MW. Corespunzător se prevede menţinerea CET 1, 2, 7, 8, 9, 11, 12, 20 şi ZIL la profilul atins în 1965, dezvoltarea CET 21, 22 şi 23 şi construirea a două CET noi, 25 şi 26.

Toate aceste CET (21, 22, 23, 25 şi 26) vor avea fiecar puteri instalate mai mari de 1000 MW, CET 25 ajungînd la puterea instalată de 2010 MW. În perioada după 1965 aceste CET se extind sau se reutilează cu turboagregate de 250 MW şi 420 MW, cu parametrii aburului viu de 24 at şi 580°C.

Capacitatea de livrare de căldură a fiecăreia dintre aceste CET este de 2200...4000 Gcal/h. Producţia specifică de energie electrică produsă pe termoficare este de 800 kWh/Gcal. Consumurile specifice de combustibil sînt de 155 kg comb. conv./Gcal şi respectiv 0,155 kg comb. conv./kWh produsă pe termoficare.

În urma comparării celor două variante s-a ajuns la următoarele concluzii :

a) În condiţiile unor CET de foarte mare putere la parametri înalţi, termoficarea conduce la investiţii totale cu circa 11 % mai reduse decît în cazul soluţiei de producere separată a căldurii şi energiei electrice, pe lîngă cheltuieli de exploatare cu circa 10 % mai mici şi economii importante de combustibil. Acest lucru constituie un element nou propriu situaţiilor în care se întîlnesc sarcini termice mari cu caracter urban şi se realizează CET de foarte mare putere cu echipament energetic de un nivel tehnic ridicat.

b) În cazul soluţiei de termoficare, din condiţiile de dezvoltare a construcţiilor urbane şi ale CET, sarcina termică ce se preia prin cazane de apă fierbinte constituie 50 ... 60 % din vîrful de sarcină termică. Amplasarea cazanelor de vîrf în cazul CET de mare putere — la CET sau în centrele de consum — nu este o problemă definitiv rezolvată şi necesită studii ulterioare amănunţite.

c) Consumurile specifice de combustibil în regim de condensaţie al turboagregatelor de termoficare de mare putere sînt sensibil apropiate, fiind practic aproape egale cu cele ale grupurilor de condensaţie de mare putere şi parametri similari (309 g/kWh, faţă de 300 g/kWh), conduc la posibilitatea utilizării convenabile a grupurilor de termoficare în regim de condensaţie pentru producerea de energie electrică în sistemele energetice.

III. Stadiul termoficării în R.P.R.

La nivelul anului 1962 se constată că în ţara noastră există în funcţiune un mare număr de centrale electrice de termoficare.

Majoritatea centralelor electrice de termoficare au apărut ca urmare a necesităţilor de acoperire a unor importante necesităţi de căldură şi energie electrică ale unor industrii noi petrolifere sau chimice.

În prima etapă, pînă în 1954, s-au construit centrale cu utilaj de medie presiune, importat din U.R.S.S. ; pe această linie se înscriu centralele electrice industriale de la Rafinăria Teleajen, Rafinăria Dărmăneşti şi CET II Hunedoara.

În aceeaşi perioadă se creează o bază de utilaje energetice în ţară prin realizarea cazanului IPROM de 20t/h, 35 ata şi a turbinei de 3 MW cu priză şi condensaţie.

Ulterior, această bază se extinde prin realizarea cazanelor de 50 t/h şi a turbinelor de 4 şi 6 MW.

În perioada 1955—1962 se realizează o serie de CET importante. Astfel, în 1955 intră în funcţiune CET Borzeşti, echipată cu grupuri de 25 MW, cu prize reglabile şi condensaţie la parametrii 90 ata şi 500°C.

Această mare CET, ajunsă actualmente la o putere instalată de 175 MW, alimentează cu căldură Rafinăria nr. 10 Oneşti, un combinat chimic şi un combinat de cauciuc sintetic, precum şi oraşul Oneşti. Utilajul a fost importat din U.R.S.S., iar ultimele grupuri de 50 MW sînt la parametrii 140 ata şi 570°C.

Tot în această vreme se realizează o serie de CET cu utilaj de medie presiune fabricat în ţară. Printre acestea amintim CET Roznov, de pe lîngă Combinatul de îngrăşăminte azotoase, CET—Fabrica de zahăr Bucecea, CET — Fabrica de zahăr Luduş şi altele. Aceste CET au un caracter industrial, acoperind aproape în exclusivitate necesităţi de abur tehnologic, şi sînt echipate cu turbine cu contrapresiune.

Către sfîrşitul acestei perioade se construieşte şi intră în funcţiune CET Brazi, echipată cu utilaj de fabricaţie sovietică, la parametrii 140 ata şi 570°C, destinată alimentării cu căldură a rafinăriilor de petrol situate în sudul oraşului Ploieşti.

În această perioadă de dezvoltare impetuoasă a centralelor electrice de termoficare cu caracter industrial începe să se dezvolte şi termoficarea urbană. Printre primele lucrări de termoficare urbană se situează încălzirea cartierului de locuinţe din Lunca Pomostului din Reşiţa. Drept agent de termoficare s-a folosit aburul. Instalaţiile interioare s-au realizat pe apă caldă, aceasta fiind încălzită în schimbătoare de căldură abur-apă.

Ulterior s-a trecut pentru restul oraşului la agent de termoficare apă fierbinte la parametrii 140/70°C.

Printre primele termoficări se poate specifica alimentarea cu căldură a blocurilor de locuinţe construite pe lîngă centralele de condensaţie. Dintre acestea, cea mai importantă este termoficarea blocurilor de locuinţe ale coloniei Sohodol-Lupeni a CTE Paroşeni. Pentru livrarea de căldură s-au folosit rezervele disponibile ale prizelor nereglabile ale turbinelor de condensaţie.

Pentru începuturile termoficării urbane prezintă, de asemenea, interes termoficarea experimentală din CTE Grozăveşti a Căminului de studenţi 303 şi a ICECHIM (realizată în 1957). La aceste termoficări s-a adoptat ca agent termic apa fierbinte cu parametrii 130/70°C.

Dezvoltarea pe scară largă a termoficării urbane este marcată însă de termoficarea oraşului nou Oneşti din CET Borzeşti.

Pentru acest caz se adoptă pentru prima oară ca agent termic apa fierbinte cu parametrii 150/70°C.

Această lucrare a fost pusă în funcţiune în anul 1959 şi a fost realizată ţinîndu-se seamă de profilul maxim cunoscut atunci privind dezvoltarea oraşului Oneşti. Sarcina termică maximă de calcul era de 55 Gcal/h.

Tot în 1959 se pune în funcţiune reţeaua de termoficare urbană din oraşul Hunedoara. Pentru livrarea de căldură a servit CET II a Combinatului siderurgic Hunedoara.

Agentul termic adoptat a fost apa fierbinte cu parametrii 140/70°C. Reţeaua de termoficare urbană a fost proiectată ţinîndu-se seamă de trecerea ulterioară la parametrii 150/70°C prin amenajări corespunzătoare în CET II.

Temperatura de 140°C a fost dictată în prima etapă de parametrii adoptaţi pentru încălzirea halelor industriale din Combinatul siderurgic.

În Bucureşti, în 1960, se realizează şi se pun în funcţiune reţelele de termoficare din zonele Vest-Grozăveşti şi Griviţa Roşie din Capitală, iar în 1961 reţelele de termoficare aferente magistralei Nord-Grozăveşti.

Agentul termic adoptat a fost apa fierbinte avînd parametrii 150/70°C. Pentru livrarea de căldură s-au folosit turboagregatele existente de termoficare din centralele termoelectrice Grozăveşti şi Griviţa Roşie.

În 1961 intră în funcţiune reţelele de termoficare urbană din oraşele Arad şi Timişoara, iar în 1962 se pune în funcţiune reţeaua de termoficare urbană a oraşului Brad, alimentat din CET Gura-Barza, şi a unui cvartal de locuinţe din Comăneşti, alimentat din CET Comăneşti II. În toată această perioadă au loc extinderi şi dezvoltări în continuare ale reţelelor de termoficare din oraşele Oneşti, Hunedoara, Bucureşti, Arad şi Timişoara.

În acest fel s-a ajuns ca sarcina termică racordată la reţele de termoficare urbană în funcţiune în iarna 1962/1963 să fie de peste 200 Gcal/h la o lungime totală de circa 50 km reţele de termoficare urbană.

În această perioadă se poate constata că termoficarea urbană nu a necesitat instalarea de agregate noi în centrale pentru livrarea de căldură. Pe baza disponibilului de căldură din centralele existente s-au realizat reţele de termoficare şi s-a furnizat căldură, îmbunătăţindu-se astfel indicii tehnico-economici ai centralelor respective. Anumite grupuri de termoficare ce au funcţionat timp îndelungat exclusiv în regim de condensaţie au început să fie încărcate cu sarcină termică (spre exemplu grupul de 7 MW din CET Gura-Barza şi grupurile din CET Comăneşti) sau anumite grupuri la care exista un disponibil de căldură au fost încărcate prin preluarea de căldură (spre exemplu CET Borzeşti, CET Griviţa Roşie etc.). De-abia în 1962 au început să se monteze unităţi destinate exclusiv livrării de căldură în scopuri de încălzire.

Se observă că predomină unităţile de cazane de vîrf. Astfel actualmente se află în diferite faze de montaj sau de curînd puse în funcţiune şi aflate în perioada de punere la punct cazane de vîrf totalizînd o capacitate termică de 400 Gcal/h; de asemenea, în faza de pregătire a lucrărilor se mai află cazane de vîrf totalizînd o capacitate termică de încă 600 Gcal/h.

Paralel cu aceasta, în grupuri energetice aflate în fază de montaj sau pregătire a montajului, capacitatea termică este de numai 250 Gcal/h. Se constată, deci, o devansare netă a investiţiilor prin montarea exclusivă de cazane de vîrf în primele perioade de apariţie şi dezvoltare a sarcinilor termice.

În legătură cu aceasta apare interesantă evoluţia modului de acoperire a sarcinilor termice cu caracter de încălzire în oraşele Arad şi Timişoara. Aici, în prima etapă sarcinile termice s-au acoperit din cazane de abur de joasă presiune adaptate la funcţionare pe apă fierbinte, în a doua etapă urmează a se acoperi prin montarea de cazane noi de apă fierbinte, iar în a treia etapă prin montarea de utilaje energetice de termoficare.

Perioada după 1964 urmează să se caracterizeze prin montarea de grupuri de termoficare de puteri mari (25, 50 şi 100 MW) la parametri ridicaţi ai aburului viu.

IV. Compararea stadiului termoficării în R.P.R. faţă de nivelul tehnic mondial

1. *Caracteristicile de bază ale surselor de căldură*

Din analiza realizărilor pe scară mondială se poate afirma că cea mai mare parte a CET date în ultima vreme în funcţiune cît şi cele aflate în curs de construcţie sau proiectare se află la nivelul tehnicii mondiale. Se constată totuşi încă o rămînere în urmă în privinţa performanţelor CET construite cu echipament energetic indigen.

Marile centrale electrice de termoficare Borzeşti, Brazi şi Grozăveşti se situează în mod clar la nivelul celor mai reuşite realizări ca parametri, puteri şi performanţe de calcul atît ale echipamentului de bază cît şi ale ansamblului CET.

Introducerea cazanelor de apă fierbinte în schema funcţională a CET contribuie esenţial la îmbunătăţirea indicilor tehnici şi economici, conducînd în acelaşi timp la o eşalonare judicioasă a investiţiilor în cazul termoficării urbane.

Nivelul de concentrare a sarcinilor termice conduce în multe cazuri la oportunitatea realizării unor CET destinate acoperirii unor sarcini termice industriale şi urbane echipate cu grupuri de 50 MW, iar în cazul oraşului Bucureşti — şi cu grupuri de puteri mai mari (100 şi 250 MW).

Astfel de centrale sînt prevăzute să se realizeze la un nivel tehnic ridicat atît pe bază de echipament din import cît şi pe bază de echipament de înaltă tehnicitate ce urmează a se fabrica la noi în ţară în perioada 1965—1970.

Începînd din 1965—1966, prin realizarea cazanelor şi turbinelor la parametrii ridicaţi de 100 ata şi 540°C, la noi în ţară va apărea un salt calitativ important în apropierea performanţelor echipamentului indigen de nivelul tehnicii mondiale.

2. *Concepţia de ansamblu a sistemelor de termoficare*

Alegerea soluţiilor privind ansamblul sistemelor de termoficare reflectă aplicarea experienţei bogate a termoficatorilor sovietici. Pe această experienţă transmisă în mod tovărăşesc şi dezinteresat s-a bazat şi se bazează elaborarea soluţiilor de termoficare.

În elaborarea soluţiilor de termoficare aplicate în ţara noastră s-au avut în vedere cîteva idei fundamentale, şi anume:

a) Acoperirea unui număr cît mai mare de consumatori industriali şi urbani dintr-o sursă unică, cu delimitarea zonei de termoficare din sursa considerată după condiţii optime tehnico-economice de transport al căldurii;

b) Adaptarea dezvoltării sursei şi reţelelor de termoficare la ritmul de dezvoltare a consumurilor pe etape şi amplasamente în scopul realizării unei eficienţe economice maxime.

c) Sursele şi reţelele de termoficare să permită acoperirea consumurilor de căldură prin termoficarea integrală pe o perioadă de 15—20 ani în zona avută în considerare, cu eşalonarea raţională în timp a investiţiilor.

d) Adoptarea schemelor arborescente de reţele de termoficare cu buclări minime rezultate ca necesare prin calcule tehnico-economice sau condiţii de siguranţă a alimentării cu căldură.

Sub aceste aspecte, concepţia de ansamblu a sistemelor de termoficare este la nivelul ultimelor realizări ale tehnicii mondiale, evitîndu-se anumite deficienţe întîlnite în străinătate, ca spre exemplu :

a) Realizarea de sisteme de termoficare destinate exclusiv satisfacerii necesităţilor de căldură numai a unui grup de industrii sau a unei singure întreprinderi.

b) Realizarea unui sistem de termoficare destinat exclusiv acoperirii necesităţilor de căldură pentru construcţii urbane, cu neglijarea chiar a necesităţilor de căldură pentru încălzire (deci cu caracter urban) ale industriilor.

c) Realizarea de sisteme de reţele de termoficare independente pentru evacuarea căldurii disponibile prin realizarea unei prime etape a CET, cu construirea ulterioară de reţele paralele o dată cu execuţia etapei următoare a CET.

Ţinînd seamă de experienţele pozitive şi negative în acest domeniu din alte ţări, a fost posibilă realizarea unor ansambluri de termoficare la nivelul actual al tehnicii.

Bibliografie

[1] Stăncescu, I. D. *Tendinţe noi în termoficare în U.R.S.S. Constatări în cadrul unei călătorii de studii.* Energetica **5** (1957), nr. 8, p. 369—379.

[2] Stăncescu, I. D., Mişu, A. şi Colţ, Gh. *Stadiul actual şi tendinţe de dezvoltare a termoficării urbane în în Europa.* Energetica **6** (1958), nr. 9, p. 394—404.

[3] Colţ, Gh. *Termoficarea, factor important în dezvoltarea energeticii în U.R.S.S. în perioada 1959 — 1965.* Energetica **8** (1960), nr. 4, p. 179—183.

Utilizarea calculatoarelor electronice la studiul sistemelor energetice. Stadiul actual şi perspective

Ing. *G. MANOLESCU*

În toate ţările cu o energetică avansată, dezvoltarea reţelelor electrice din ultimii ani a făcut ca calculele de reţele să devină foarte laborioase.

Astfel, la stabilirea circulaţiilor de puteri şi reţele buclate la calculul stabilităţii statice şi dinamice a unor astfel de sisteme energetice puternice etc., calculul se complică foarte mult şi rezolvarea lor cu mijloace clasice cere un timp îndelungat. Pentru aceste motive, toate aceste ţări au trecut în mod obligatoriu la utilizarea calculatoarelor electronice pentru rezolvarea diferitelor probleme de reţele electrice.

Dezvoltarea mereu crescîndă a sistemului energetic romîn a complicat permanent modul de analiză a sistemului energetic, folosirea mijloacelor clasice devenind din ce în ce mai greoaie şi chiar imposibilă.

În aceste împrejurări s-a pus problema utilizării şi în R.P.R. a unor mijloace noi, moderne de calcul, cum sînt calculatoarele cifrice.

I. Domeniile de studiu al sistemelor energetice la care se aplică în prezent de către ISPE calculatoarele cifrice

Maşinile fabricate în ţară de către IFA sînt cu 512 adrese şi 50 operaţii/secundă (CIFA 2, 3 şi 4) şi recent s-a pus în funcţiune o nouă maşină (CIFA 101) cu 4096 adrese şi 50 operaţii/secundă. În 1959 s-au încercat primele calcule la CIFA, aplicate la studiul liniilor lungi şi la determinarea timpului de lansare, programarea fiind făcută de personalul CIFA. Pe baza rezultatelor obţinute s-a trecut la o organizare mai temeinică, considerînd că este necesar să existe personalul calificat chiar în ISPE. Pentru aceste motive, în 1959, doi ingineri din ISPE au urmat o serie de cursuri iniţiate de către IFA. Cu această ocazie ei s-au familiarizat atît cu construcţia intimă a maşinii cît şi cu munca de programare propriu-zisă, indispensabilă unei utilizări de serie şi pe scară largă a calculatoarelor cifrice. Aceasta a permis ca în 1959 să se utilizeze calculatoarele cifrice la analiza liniilor lungi de interconexiune cu alte ţări.

Treptat domeniul de utilizare a acestor calculatoare a fost extins şi la celelalte aspecte de analiză a unui sistem energetic, aşa cum rezultă mai jos.

În prezent se poate spune că, pentru toate operaţiile principale ce privesc analiza unui sistem energetic, utilizarea calculatoarelor cifrice este rezolvată, existînd un program tip întocmit.

În cele de mai jos se vor arăta, pentru fiecare categorie de lucrări în parte, etapele prin care s-a trecut şi stadiul actual al utilizării calculatoarelor cifrice.

Utilizarea calculatoarelor CIFA *la calculul regimurilor pe linii lungi*

Se aplică din anul 1959, metoda folosită bazîndu-se pe studiul cvadripolilor.

Din punctul de vedere al randamentului, un calcul analitic cu rigla durează circa 4 ore, în timp ce acelaşi calcul cu maşina electronică durează circa 60 s.

Acest mod de calcul se aplică curent, datorită exactităţii şi rapidităţii calculului, permiţînd rezolvarea a foarte multe variante într-un timp scurt. Datorită acestei calităţi, în prezent calculul se efectuează pentru principalele linii de interconexiune pe familii întregi de soluţii, permiţînd a se varia diferiţi parametri care intervin : nivele de tensiuni, necesităţi de puteri reactive, pierderi de putere şi de energie etc.

Aceste metode s-au aplicat la studierea liniilor de interconexiune cu R.S.C. şi R.P.B. (pentru reglajul tensiunilor, alegerea prizelor de transformatoare, determinarea secţiunii liniei etc.), cu rezultate de o mare utilitate practică.

Aplicarea calculatoarelor CIFA *la calculul stabilităţii dinamice*

Există programe-tip întocmite, care se aplică din anul 1960. S-a folosit metoda grafo-analitică de analiză nodală romînească (autor ing. P. Dimo), combinată cu calculul la maşina electronică al poziţiilor succesive ale rotoarelor generatoarelor în timpul procesului dinamic pentru intervalele de timp de 0,025 sau 0,05 s.

Calculul regimului dinamic se rezolvă în prezent pentru scheme-tip simetrice, cu unul, două, trei şi patru noduri.

Din cauza capacităţii mici a calculatoarelor folosite, aceste calcule se rezolvă în două etape :

a) calculul admitanţelor proprii şi de transfer ;

b) calculul regimului dinamic.

Un calcul cu rigla al admitanţelor proprii şi de transfer pentru o schemă cu două noduri şi patru generatoare pentru toate etapele regimului dinamic necesită circa 8 ore. La calculator, acest calcul se face în 6 min.

Calculul regimului dinamic pentru aceeaşi schemă, prin metoda grafo-analitică, necesită circa 16 ore. Acelaşi calcul la calculatorul electronic durează 30 min.

Metoda se aplică în mod curent la toate calculele dinamice şi pentru orice tip de defect (scurtcircuite simetrice şi nesimetrice), pentru scheme de maximum patru noduri şi opt generatoare. Punerea la punct a acestui calcul a permis rezolvarea a o serie de probleme, dintre care unele deosebit de importante, ca : determinarea limitei capacităţii de transport a liniilor de interconexiune internațională, studiul unor avarii în sistemul energetic romîn, determinarea parametrilor rețelei necesari reglajului frecvență-putere etc.

Aplicarea calculatoarelor cifrice la studiul protecției în sistemul energetic

Începînd din anul 1960, ISPE a început analiza unor avarii mari, de sistem, ale căror explicații nu erau satisfăcătoare.

Pornind de la calculele de stabilitate dinamică, s-a aplicat procedeul grafo-analitic al analizei nodale combinat cu calculatoarele cifrice ; s-au analizat o serie de avarii din sistem, stabilindu-se măsurile concrete pentru evitarea avariilor extinse.

Tot pe aceeași cale s-au determinat și timpii de protecție necesari în stațiile de transformare prin care se alimentează motoare sincrone de mari puteri (între 2 și 12 MW), timpi care să asigure selectivitatea și continuitatea în funcționarea motoarelor.

Aplicarea acestor metode a permis realizarea unor economii substanțiale de timp de proiectare de același ordin de mărime ca și în cazul calculului de stabilitate dinamică.

Eficacitatea acestei metode constă în principal în următoarele avantaje :

— posibilitatea intuiției fenomenelor care au loc în cadrul unor avarii generale prin niște simple reprezentări grafice pentru diversele noduri din zona examinată ;

— posibilitatea unei trieri simple a variantelor care trebuie analizate ;

— volumul de calcule este mult mai simplificat față de alte procedee de calcule indicate în literatura de specialitate.

Aplicarea calculatoarelor electronice CIFA *la calculul pierderilor în rețelele de transport*

Avînd în vedere importanța calculelor de pierderi în rețele, în problema amplasării consumatorilor importanți și a grupurilor generatoare, cît și în problema realizării regimurilor optime economice s-a căutat să se rezolve problema calculului pierderilor în rețele, folosind cele mai noi metode și mijloace de calcul.

Astfel, în 1961—1962 s-a efectuat pentru prima dată calculul pierderilor în rețele printr-o metodă nouă, romînească, bazată pe analiza nodală (P. Dimo). Această metodă, care folosește în varianta cea mai simplă dată de autor un calcul redus, constă în stabilirea coeficienților *B* de pierderi pe o cale nouă, originală, în mod mult mai precis, cu ajutorul analizei nodale.

Coeficienții *B* fiind determinați din regimul de bază, se pot calcula cu ușurință pierderile în alte regimuri, fără a mai fi necesar calculul fiecărui regim.

Aceste formule de pierderi au fost aplicate la studiul amplasării unui consumator de 60 MW în sistemul energetic al R.P.R. pentru 150 variante de regim. Calculele au fost efectuate la mașinile electronice CIFA, după programe întocmite de ISPE. Timpul necesar calculului pierderilor într-o variantă de regim, folosind formule de pierderi și calculatoarele, a fost de 1 min.

Calculul pierderilor pentru o variantă de regim efectuat cu mijloace obișnuite (masă de curent continuu și riglă de calcul) și fără a folosi formule de pierderi necesită circa 32 ore.

Practic, un studiu de amploarea celui citat mai sus (cu considerarea a 150 variante de regim) a putut fi efectuat numai datorită utilizării mașinilor de calcul și a metodei de calcul indicată mai sus.

Formulele foarte simple folosite s-au dovedit potrivite cu performanțele reduse ale calculatoarelor numerice CIFA de care se dispune.

Această problemă, ca și folosirea pentru studii privind sistemul energetic al R.P.R. a formulelor clasice de pierderi, este în curs de studiu, în legătură cu efectuarea unor calcule cu mult mai laborioase, la mașinile electronice cu performanțe reduse, de care se dispune în prezent în R.P.R.

Utilizarea formulelor de pierderi este cu atît mai oportună, cu cît oferă o cale către realizarea regimurilor economice optime, problemă care va trebui să fie rezolvată în viitor și pentru sistemul energetic al R.P.R.

Reducerea schemelor unui sistem energetic cu ajutorul calculatoarelor cifrice

Această metodă se aplică de la sfîrșitul anului 1962.

Principiul metodei constă în faptul că se reduce o rețea cu mai multe noduri la o rețea echivalentă în care se păstrează numai cîteva noduri principale, în scopul analizei ulterioare a acestei rețele în condiții mult mai ușoare.

Economia de timp necesară pentru reducere este evidentă în cazul mașinilor electronice. Astfel, pentru o rețea de 13 noduri, reducerea la trei noduri durează circa 15 min cu ajutorul CIFA, în timp ce calculul manual durează circa 16 ore.

Calculul de regimuri (circulații de puteri și nivele de tensiuni) cu ajutorul calculatoarelor electronice

În ultimii ani, în ISPE s-au făcut încercări cu diferite metode de calcul al regimurilor la calculatoarele electronice. Din cauza memoriei mici a calculatoarelor cifrice existente la IFA (CIFA 2, 3 și 4), s-au obținut rezultate numai pentru rețele mici (o buclă și ulterior trei bucle mici).

În 1962 s-a pus la punct aplicarea unei metode iterative, care, printr-o programare ingenioasă, permite calcularea unei rețele complexe conținînd 25 noduri legate între ele, oricît de buclat.

Metoda constă în verificarea legii I Kirchhoff ($\Sigma I = 0$) în fiecare nod al rețelei. Înlocuind curenții cu puteri, admitanțe și tensiuni, rezultă formula :

$$U_p = \frac{\dfrac{P_p - j\,Q_p}{U_p^*} + \sum\limits_j Y_{pj}\, U_j}{\sum\limits_j Y_{pj}},$$

în care :

U_p reprezintă tensiunea căutată din nodul p ;

P_p, Q_p — puterile active și reactive absorbite în nodul p ;

Y_{pj} — admitanța legăturilor nodului p cu nodurile vecine j ;

U_j — tensiunea în fiecare din nodul j vecin.

Cu această formulă se parcurg toate nodurile și după un număr de iterații se obțin tensiunile în fiecare nod.

Cunoscînd tensiunile în noduri se pot calcula ușor circulațiile de puteri în rețea (printr-un program simplu la calculatorul electronic).

Față de metodele anterioare, cînd circulațiile de puteri se stabileau aproximativ (cu ajutorul mesei de calcul de curent continuu) — ceea ce era destul de greoi și insuficient de precis —, utilizarea calculatoarelor cifrice la stabilirea sistemelor energetice prezintă o importanță deosebită atît în proiectare cît și în exploatarea acestor sisteme. În acest mod se pune la îndemîna inginerului o metodă simplă, rapidă și precisă pentru stabilirea circulațiilor de puteri în cadrul unui sistem energetic și al efectului acestei circulații : nivele de tensiune, pierderi de puteri etc. Aceasta permite ca să se poată analiza într-un timp scurt un număr mare de variante, permițînd sortarea variantelor optimale.

Timpul de calcul al unei rețele de 25 noduri (tensiuni și circulații de puteri) este de circa două ore pentru o rețea complet nestudiată. Timpul poate fi redus dacă se cunosc cu aproximație nivelele de tensiuni ale rețelei pentru a fi introduse ca date de pornire.

Prin folosirea calculatorului electronic la calculul circulațiilor de puteri se pot aborda o serie de probleme de dimensionare și funcționare a rețelei (se pot stabili parametrii rețelei, reglajul necesar în rețea, mijloacele de compensare necesare etc.). Metoda este folosită în mod curent la studiile întocmite de ISPE.

În prezent este în curs de definitivare folosirea calculatorului CIFA-101 la calculul circulațiilor de puteri, cu ajutorul căruia se vor putea calcula rețele cu pînă la 100 de noduri.

*

Încheind analiza stadiului actual al folosirii maşinilor electronice la studiul sistemelor energetice, se pot trage următoarele concluzii :

— Datorită unei activităţi desfăşurate pe mai mulţi ani s-a reuşit ca toate problemele de bază privind analiza sistemelor energetice să poată fi rezolvate cu ajutorul maşinilor electronice de calcul de care se dispune în ţară, stabilindu-se o serie de programe-tip cu metode originale, ceea ce aduce mari economii de timp şi — ceea ce este mai important — oferă posibilitatea unei analize rapide a unui număr mult mărit de variante, în scopul obţinerii variantei optime. Rezolvarea circulaţiilor de puteri în sistemele energetice cu ajutorul maşinilor electronice de calcul este un real ajutor, permiţînd rezolvarea unora dintre problemele de bază ale analizei şi planificării dezvoltării sistemelor energetice.

Tabela 1

Comparaţie între calculul clasic şi cel cu calculatoarele cifrice

Tipul calculului		Durata calculului		Costul calculului		
		timp	%	lei	%	
Calculul liniilor lungi	manual	4 h	100	40	100	
	CIFA	1 min	0,42	1,6	4	
Calcule de stabilitate	manual	24 h	100	240	100	
	CIFA	36 min	2,5	60	25	
Calcule de pierderi (1 variantă)	manual	32 h	100	320	100	
	CIFA	1 min	0,05	6	1,9	
Reducerea schemei	manual	24 h	100	240	100	de la 13 la 3 noduri
	CIFA	15 min	1,04	50	20,8	
Circulaţii de puteri	manual	200 h	100	200	100	reţea cu 25 noduri
	CIFA	2 h	2	200	10	

Din tabela 1 se vede că, din punctul de vedere al eficacităţii economice, deşi costul utilizării calculatoarelor cifrice (100 lei/oră) este mai mare faţă de costul orei medii în proiectare (10 lei), totuşi, datorită reducerii substanţiale a timpului de lucru, rentabilitatea utilizării calculatoarelor electronice este pe deplin asigurată, fără a mai aminti şi despre celelalte avantaje arătate mai sus (precizie, posibilitatea analizei unui număr mare de variante etc.). Tabela 2 indică ritmul ascendent al utilizării calculatoarelor cifrice an de an, pe măsura extinderii domeniului lor de utilizare.

Tabela 2

Durata, în ore, de utilizare a calculatoarelor cifrice la studiul sistemelor energetice

Tipul calculului	1959	1960	1961	1962	1963
Calculul liniilor lungi	10	5	10	15	
Calcule de stabilitate	—	30	98	137	Prelimi-
Pierderi în reţele	—	—	25	30	nare de
Reducerea schemei	—	—	—	10	600 ore
Circulaţii în reţele	—	—	—	50	în total
Total	10	35	133	242	600

II. Perspectivele utilizării viitoare a calculatoarelor electronice la studiul sistemelor energetice

Din realizările descrise mai sus rezultă că partea cea mai grea de asimilare a noului mod de analiză a fenomenelor, pentru a se putea utiliza calculatoarele cifrice, este rezolvată.

În continuare este necesară studierea extinderii domeniului de utilizare a calculatoarelor prin luarea în considerare a unor aspecte care în calculele clasice se neglijau, din cauza complicaţiilor, în scopul obţinerii unor rezultate cît mai apropiate de realitate.

În această categorie de probleme intră următoarele aspecte :

— Calculul mai exact, ţinînd seamă de regimurile reale (reglajul tensiunii) şi de influenţa sarcinii asupra valorilor de scurtcircuit, asupra stabilităţii sistemului etc.

— Extinderea programelor întocmite la un număr mărit de noduri, prin utilizarea calculatorului CIFA-101, care, aşa cum s-a arătat, are o memorie mult mărită. Astfel, se pune problema acestei extinderi pentru calculul stabilităţii dinamice pentru o schemă mai bogată de patru noduri, posibilitatea reducerii unor scheme cu mai mult de 13 noduri etc. O atenţie deosebită va trebui acordată introducerii reglajului tensiunii la calculul stabilităţii dinamice, avînd în vedere că metoda analizei nodale permite uşor acest lucru.

— Extinderea utilizării programelor întocmite. Astfel, urmează a se rezolva problema determinării pierderilor în reţele în scopul repartiţiei optime a puterii între centrale. De asemenea, va trebui continuată analiza pierderilor în reţele din diverse formule indicate în literatură, mai simple sau mai complexe, în funcţie de gradul de precizie cerut.

— Introducerea calculatoarelor electronice la comparaţia economică a diverselor variante, lucru care devine tot mai necesar, pe măsura extinderii domeniului de analiză şi a măririi numărului de variante.

— Calculul circulaţiilor de puteri în sistemul energetic pentru diferite regimuri intermediare între gol şi vîrf de sarcină, în scopul determinării mai exacte a consecinţelor asupra sistemului pentru diferitele variante luate în considerare.

Bineînţeles că extinderea atît de intensivă a calculatoarelor cifrice nu este posibilă în actualele condiţii de dotare (calculatoare reduse ca număr şi cu viteză mică).

Astfel, pentru calculul unui regim de circulaţie pentru 50 de noduri pe calculatorul CIFA-101, se apreciază ca timp de lucru efectiv cu maşina circa 7 ore, în timp ce rezolvarea cu maşinile moderne, care au o viteză mare de calcul, necesită cîteva minute.

Or, la studiul dezvoltării unei reţele în perspectivă, dacă se face analiza pe fiecare an, în parte, în funcţie de diferite variante de reţea şi de structură a centralelor, rezultă ca necesare multe sute de ore de lucru efectiv la maşina electronică, şi aceasta numai pentru un singur studiu de amplasare mai mare al ISPE.

Aceasta face ca actualele maşini de calcul de care se dispune să fie insuficiente, nepermiţînd a se beneficia din plin de avantajele oferite de maşinile electronice de calcul şi de a aplica cu toată eficienţa realizările descrise mai sus.

Rezultate obținute cu calculatoarele numerice CIFA la studiul stabilității dinamice în sistemul energetic al R.P.R.

Ing. *M. BOGAN*, ing. *P. IANCOVICI* și ing. *B. UNGUREANU*

Dezvoltarea continuă a sistemului energetic al R.P.R., complexitatea crescîndă a rețelei cît și interconectarea cu sistemele R.S.C. și R.P.B. au făcut necesară rezolvarea pe o cale nouă a unor probleme de sistem, printre care și cele legate de comportarea sistemului în regimuri dinamice.

În cele ce urmează se va arăta modul în care se rezolvă astăzi în ISPE problemele de stabilitate dinamică, precum și cîteva rezultate obținute în legătură cu :

— determinarea capacității maxime de transport a liniilor de interconexiune Luduș-Lemeșany, funcționînd la 220 kV, și Craiova-Boicinovți, de 220 kV ;

— influența avariilor în sistemul energetic al R.S.C. asupra stabilității sistemului interconectat ;

— influența existenței liniilor de interconexiune internațională asupra condițiilor de stabilitate dinamică în cazul avariilor din sistemul energetic al R.P.R. ;

— influența factorului de putere al centralelor locale mari legate la stațiile de interconexiune din sistemul energetic al R.P.R. asupra funcționării stabile interconectate ;

— măsuri ce trebuie luate pentru îmbunătățirea sistemelor de protecție din rețeaua de 110 și 220 kV din R.P.R. ;

— determinarea parametrilor rețelei necesari reglajului frecvență-putere.

I. Studiul stabilității dinamice cu calculatoarele CIFA

Metoda folosită pentru studiul stabilității dinamice într-un sistem energetic este metoda de analiză nodală Dimo aplicată la rețele complexe [1].

Această metodă permite reprezentarea sugestivă a mărimilor care intervin în regimul dinamic într-un nod din rețea și urmărirea pe grafic a situațiilor succesive.

În ultimii ani, calculele pentru determinarea parametrilor care trebuie urmăriți în timpul regimului dinamic (pozițiile succesive ale rotoarelor generatoarelor, variația tensiunilor și frecvențelor, puterile pe linii etc.) se efectuează cu ajutorul calculatoarelor CIFA 2, 3, 4.

O problemă de calcul de regim dinamic se rezolvă în două etape :

— calculul admitanțelor proprii și de transfer ;

— calculul regimului dinamic propriu-zis.

Împărțirea în două etape a apărut necesară și din cauza memoriei mici a calculatoarelor CIFA 2, 3, 4.

Programele de calcul al regimurilor dinamice au fost întocmite în ISPE și s-au dezvoltat în două direcții :

a) programe care, pe lîngă elementele de bază, permit calcularea în fiecare moment a frecvenței sistemului ;

b) programe care permit determinarea impedanțelor aparente măsurate la capetele liniilor.

Aceste programe sînt generale și se pot folosi pentru orice tip de avarie în rețea.

Pentru a economisi adrese de memorie la calculatoare se lucrează cu scheme „simetrizate", care permit efectuarea operațiilor de ciclare.

Astfel, pentru probleme de stabilitate, schemele reale se reduc la schema-tip cu 2, 3 și 4 noduri, cu două generatoare și o sarcină în fiecare nod.

Programele pentru calculul admitanțelor proprii și de transfer, întocmite pentru scheme simetrice cu 2, 3 și 4 noduri, au în componența lor subprogramul-rutină nr. 1,[*] care efectuează operații cu mărimi complexe, și subprogramul-rutină nr. 2, care permite aflarea modulului și argumentului din componente.

Pentru calculul regimurilor dinamice propriu-zise există programe pentru scheme cu 1 nod și pentru scheme simetrice cu 2, 3 și 4 noduri.

Următoarele date de ieșire se obțin la fiecare interval de timp (Δt) ;

— curenții de scurtcircuit ai fiecărei mașini sincrone în nodul respectiv (modul și argument) ;

— curentul de scurtcircuit total al nodului (modul și argument) ;

— tensiunile nodurilor (modul) ;

— sarcinile active ale generatoarelor ;

— frecvența sistemului ;

— puterile pe linie și impedanțele aparente.

Datele de ieșire se obțin sub formă de tabele scrise la mașină, pe baza cărora se fac reprezentările grafice.

Calculul, pe o perioadă de o secundă, al unui regim dinamic provocat de un scurtcircuit, în cazul examinării regimului pe o schemă-tip cu două noduri, durează 45 minute prin utilizarea calculatoarelor numerice CIFA.

Același calcul, efectuat cu rigla de către un tehnician experimentat, durează circa 20 ore.

Avînd în vedere memoria mică a calculatoarelor CIFA 2, 3, 4, nu s-au putut efectua calcule de regimuri dinamice pe scheme mai mari decît cele cu patru noduri.

În afară de programul pentru schema cu un singur nod, toate celelalte programe solicită întreaga memorie a acestor calculatoare.

În cele ce urmează se va arăta detaliat modul în care s-a rezolvat fiecare dintre problemele enunțate anterior, ca și concluziile importante la care s-a ajuns.

II. Determinarea capacității de transport a liniilor de interconexiune Luduș-Lemeșany și Craiova-Boicinovți

Au fost examinate regimurile dinamice provocate de scurtcircuite simetrice și nesimetrice pe cele două linii de interconexiune internațională, în condițiile unor puteri crescătoare pe linii, urmărind să se verifice două situații, și anume :

— dacă puterile ce trebuie livrate, conform contractelor încheiate între țări, se pot transporta stabil, în diferite situații de funcționare a sistemului energetic al R.P.R. ;

— limita de transport din punctul de vedere al stabilității dinamice, avînd în vedere posibilitatea apariției unor cereri suplimentare de putere în caz de avarii în interiorul sistemelor.

În figura 1 sînt arătate rezultate ale calculelor obținute în legătură cu determinarea capacității de transport a liniei de 400 kV Luduș — Lemeșany, funcționînd la 220 kV. Un rezultat important sînt imaginile grafice ale regimurilor dinamice în nodurile analizate.

Din graficul nodului *1*(220 kV-Luduș) se observă că vectorul $\overline{I}_2$, reprezentînd curentul de scurtcircuit dat de generatorul echivalent al sistemului energetic al R.S.C. în acest nod, este mic, în comparație cu vectorii $\overline{I}_{1A}$ și $\overline{I}_{2A}$ (generatoarele echivalente ale sistemului energetic al R.P.R.). Acest lucru arată că scurtcircuitele în sistemul energetic cehoslovac, oricît de grave ar fi, nu pot influența decît în mică măsură regimul dinamic al nodului Luduș.

Din același grafic se observă că, în timpul regimurilor dinamice, rotoarele generatoarelor G_{1A} și G_{2A} se accelerează împreună, și, cum ele au pondere egală și destul de mare în nod, nu se poate ajunge la valori mici ale tensiunii în nodul *1*.

În acest caz nu este necesar să se ia în considerație reglajele de tensiune.

Gradul de înrăutățire a stabilității, o dată cu creșterea puterii transportate pe linie, rezultă foarte sugestiv din examinarea graficului nodului *2*, și anume a pozițiilor relative ale „evantaiului" curenților de scurtcircuit ai generatoarelor 1*A* și 2*A* în cele trei situații de transport, cît și a punctului final de funcționare (poz. 1,0).

În plus se observă că scurtcircuitul analizat poate provoca scăderi mai importante ale tensiunii nodului 220 kV-Lemeșany.

---

[*] Întocmit de ing. G. Meiltz de la IFA.

În general, calculele care s-au efectuat în legătură cu problema puterilor ce se pot transporta stabil (în regim dinamic), pe linia de interconexiune Luduş—Lemeşany şi Craiova — Boicinovţî, au dus la următoarele concluzii :

1. Atît pentru linia de interconexiune Luduş—Lemeşany cît şi pentru linia Craiova — Boicinovţî, puterea ce se va transporta, conform contractelor, este sub limita de transport a acestor linii.

2. A fost determinată aceeaşi valoare a limitei de transport pe linia Luduş — Lemeşany, în cazul funcţionării acesteia la 220 kV, atît prin calculele efectuate în ISPE, utilizînd calculatoarele CIFA, cît şi de partea R.S.C., care a rezolvat problema cu ajutorul modelului de curent alternativ.

3. Interconectarea parţială a sistemului energetic al R.P.R. cu sistemul energetic al R.S.C. micşorează limita de transport pe linia Luduş — Lemeşany din punctul de vedere al stabilităţii dinamice. În acest caz, pentru creşterea puterii-limită ce se poate transporta pe linie este necesar ca timpul în care se poate asigura deconectarea liniei Luduş — Lemeşany să fie mai mic de 0,2 s (valoare considerată în toate cazurile analizate).

III. Influenţa avariilor în sistemul energetic al R.S.C. asupra stabilităţii dinamice a transportului pe linia de interconexiune cu R.P.R.

S-a studiat un număr mare de regimuri dinamice provocate de avarii grave în sistemul energetic al R.S.C., din punctul de vedere al pericolului pe care acestea îl prezintă pentru continuitatea în funcţionare a liniei de interconexiune Luduş — Lemeşany.

Astfel, s-au cercetat, pe durata regimului dinamic analizat, condiţiile create pentru protecţia de distanţă a liniei Luduş — Lemeşany şi pericolul deconectării liniei, datorită acţionării acestei protecţii la pendulări.

Din analiza oscilaţiilor puterilor pe linie şi a tensiunilor de la capete, a reieşit că la avarii în sistemul energetic cehoslovac nu sînt îndeplinite ambele condiţii (de unghi şi de impedanţă minimă) pentru ca protecţia de distanţă să provoace deconectarea intempestivă a liniei.

De altfel, aşa cum s-a arătat în descrierea figurii 1, acest lucru era de aşteptat, în legătură cu ponderea mică pe care vectorul curentului de scurtcircuit al generatorului G_2 o are în nodul Luduş şi a faptului că în apropierea nodului 220 kV—Lemeşany nu au existat, în etapa examinată, centrale locale.

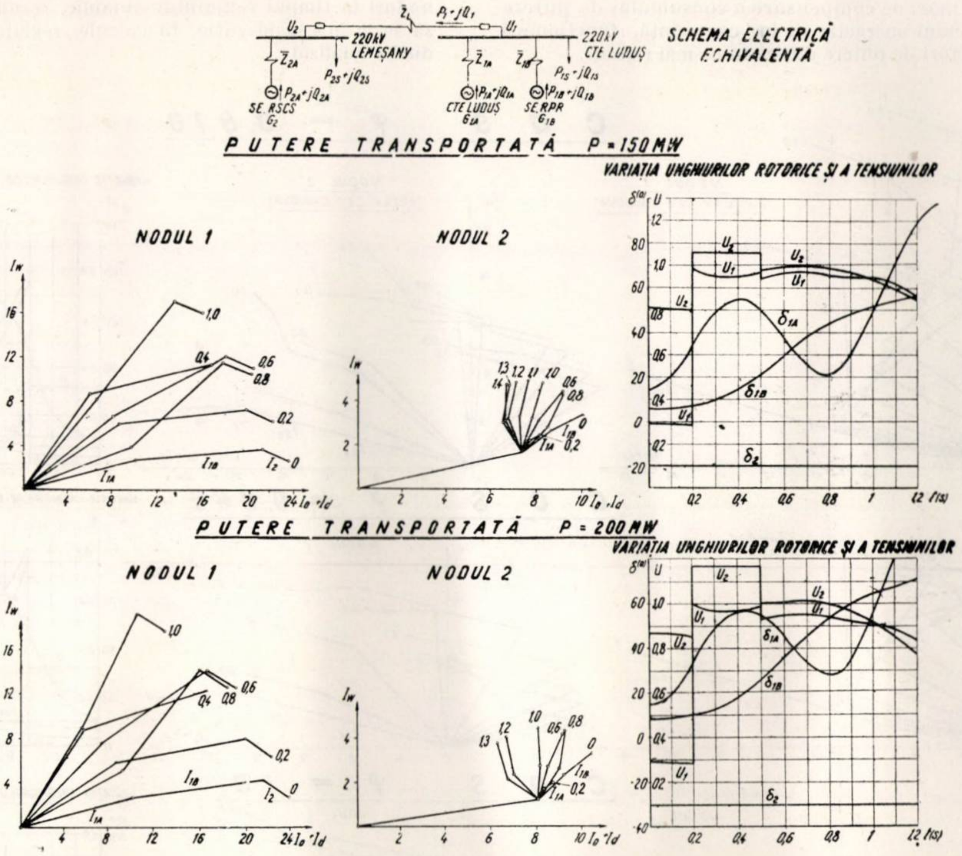


Fig. 1. Determinarea capacităţii de transport a liniei Luduş—Lemeşany, funcţionînd la 220 kV.

IV. Influenţa existenţei liniilor de interconexiune internaţională asupra condiţiilor de stabilitate dinamică, în cazul avariilor în sistemul energetic al R.P.R.

Analiza s-a făcut pentru interconexiunea R.P.R. — R.S.C., în două ipoteze de calcul, pentru aceeaşi avarie :

— sistemul energetic al R.P.R. funcţionează interconectat cu sistemul energetic al R.S.C. ;

— sistemul energetic al R.P.R. nu este interconectat cu sistemul energetic al R.S.C.

În ambele ipoteze s-au calculat regimurile dinamice provocate de diverse tipuri de avarii (scurtcircuite trifazate şi bifazate cu pămînt) în reţeaua de 220 şi 110 kV din R.P.R., în zone apropiate punctului de interconexiune (Luduş).

Din analiza acestor regimuri dinamice a reieşit că, pentru acelaşi tip de avarie, interconectarea R.P.R. cu R.S.C. creează condiţii mai grele pentru protecţiile din reţeaua R.P.R., fapt care a arătat necesitatea modificării protecţiilor prin relee în anumite zone din sistemul energetic al R.P.R., în legătură cu apariţia interconexiunilor internaţionale.

V. Influenţa factorului de putere al centralelor locale mari legate la staţiile de interconexiune din sistemul energetic al R.P.R. asupra funcţionării stabile interconectate

Analiza s-a făcut pentru centrala Craiova, examinîndu-se stabilitatea transportului pe linia de interconexiune R.P.R.—R.P.B.

Au fost examinate comparativ mai multe regimuri de încărcare a centralei Craiova, în care factorul de putere al puterii produse de această centrală variază de la cos φ_n (nominal) la cos $\varphi = 1$. Aceste încărcări ar corespunde gradelor din ce în ce mai mari de compensare a consumului de putere reactivă în sistemul energetic şi, în consecinţă, funcţionării centralelor cu factori de putere din ce în ce mai ridicaţi.

În cazul funcţionării cu un factor de putere cos $\varphi = 1$, graficul nodului 110 kV — Craiova arată că generatorul Craiova se roteşte în jurul originii, descriind unghiuri mai mari de 360°.

La timpul $t = 0{,}6$ s, tensiunea nodului 110 kV — Craiova scade la 15 % din valoarea ei din regim normal; există deci posibilitatea anulării complete a tensiunii în nodul 220 kV — Craiova, la pendulări importante ale generatorului CET Craiova.

În cazul funcţionării la cos $\varphi = 1$, sistemul este net instabil dinamic.

Avînd în vedere tensiunile foarte scăzute care apar în noduri în timpul regimului dinamic, rezultă că este necesar să se ia în consideraţie, în calcule, reglajul tensiunii în nodurile analizate.

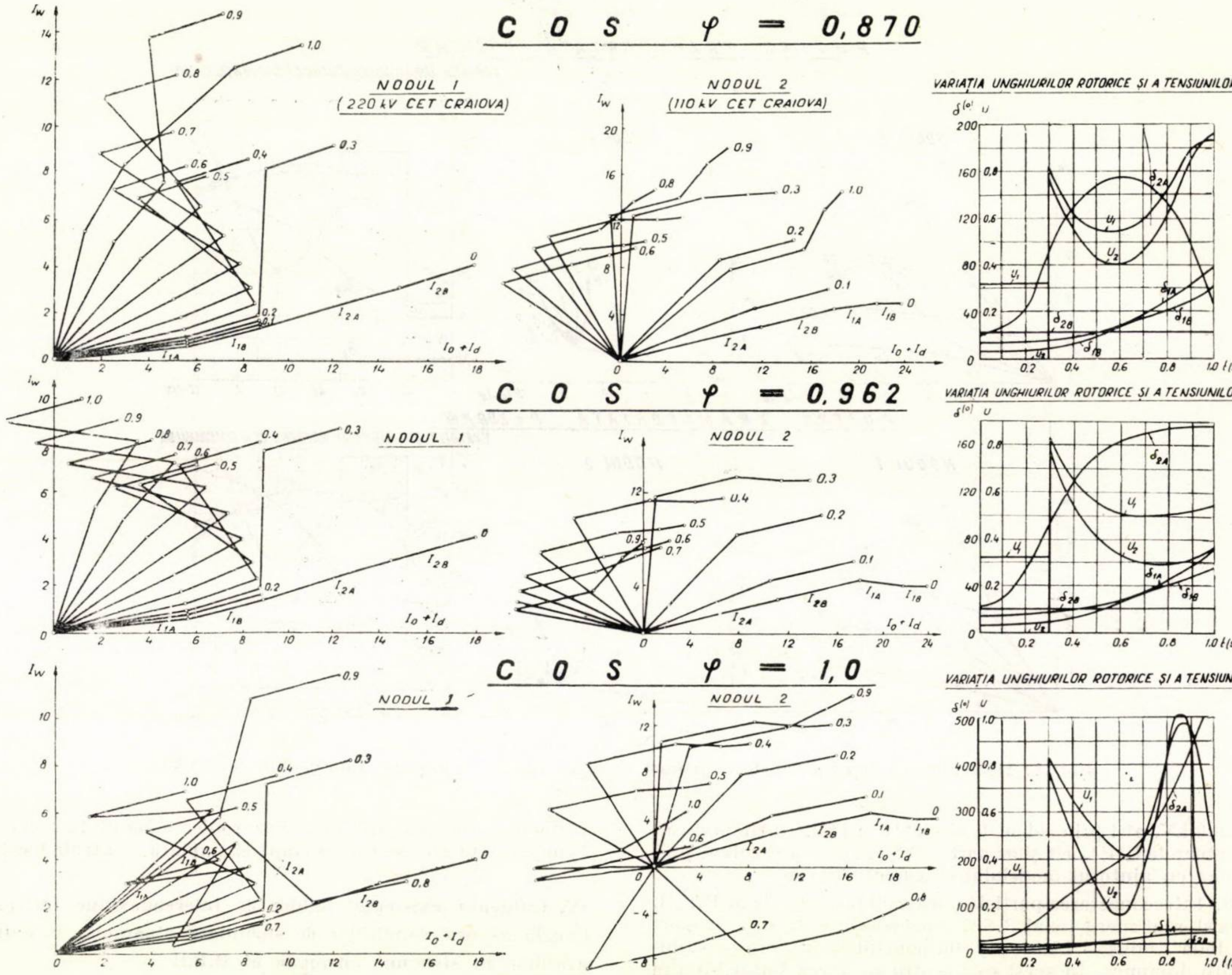


Fig. 2. Influenţa factorului de putere la CET Craiova asupra regimurilor dinamice.

În figura 2 se arată rezultatele calculului regimurilor dinamice provocate de scurtcircuite trifazate pe barele de 110 kV ale CET Craiova, pentru factori de putere din ce în ce mai ridicaţi şi pentru un timp de deconectare a defectului $t = 0{,}3$ s.

Dintr-o primă examinare a graficului nodurilor de 110 şi 220 kV — Craiova se observă că aceeaşi avarie are consecinţe cu atît mai grave cu cît centrala Craiova funcţionează cu un factor de putere mai ridicat.

La funcţionarea cu factor de putere cos $\varphi = 0{,}87$, sistemul interconectat îşi păstrează stabilitatea.

La un factor de putere cos $\varphi = 0{,}962$, din grafic se observă că tensiunile sînt mai scăzute decît în primul caz, iar tendinţa de redresare a vectorilor este foarte slabă.

În plus, se poate trage concluzia că protecţiile de distanţă de pe liniile de 110 kV, legate la barele de 110 kV ale staţiei CET Craiova, pot deconecta la pendulări în cazul avariilor grave pe una dintre linii, în apropierea barelor respective.

Aşa cum a rezultat în cazurile analizate, pentru aceleaşi condiţii de avarie se pierde stabilitatea dinamică la factori de putere cos $\varphi \geqslant 0{,}962$. Acest lucru arată că în studiile care urmăresc să stabilească gradul necesar de compensare a puterii reactive trebuie să se aibă în vedere şi aspectul înrăutăţirii stabilităţii dinamice în sistem pentru situaţiile avansate de compensare.

Imaginile grafice dau în acest sens indicaţii foarte preţioase asupra stabilităţii de funcţionare în regimurile respective şi asupra gradului de înrăutăţire a regimului, de la caz la caz.

VI. Măsuri pentru îmbunătăţirea sistemelor de protecţie din reţeaua R.P.R.

În afară de studiile de regimuri dinamice efectuate în legătură cu apariţia interconexiunilor internaţionale, din care au rezultat unele condiţii privind protecţia liniilor de înaltă tensiune din R.P.R., s-au mai efectuat studii care au avut ca scop analiza avariilor caracteristice produse în interiorul sistemului energetic al R.P.R.

Aceste studii au arătat măsurile speciale ce trebuie luate privind sistemele de protecţie din reţeaua R.P.R. [3].

În acest scop s-au utilizat acele programe de lucru pentru calculul regimurilor dinamice care furnizează informaţiile necesare asupra impedanţelor aparente (modul şi argument), măsurate de releele de distanţă de la capetele liniilor, în timpul acestor regimuri.

Pentru reţeaua de 110 şi 220 kV s-a făcut în prealabil selectarea zonelor periculoase din punctul de vedere al acţionării false a protecţiilor de distanţă la pendulări, prin simpla reprezentare grafică a nodurilor importante din sistem. În acest fel s-a putut aprecia importanţa fiecărui generator în nodurile analizate şi s-au determinat zonele în care pendularea mare a unor generatoare duce la anularea vectorului tensiunii în nodurile respective şi deci la scăderea impedanţelor aparente măsurate de releele de impedanţă a protecţiilor de distanţă.

După această analiză de selectare, calculele amănunţite s-au efectuat cu calculatorul CIFA.

la pendulări mari ale generatorului *1A* sau *1B*, întrucît generatoarele *2A* şi *2B* au o contribuţie mică în acest nod.

Din graficul nodului *2* se observă că, deşi curentul de scurtcircuit al generatorului *2A* are o lungime comparabilă cu vectorul curentului rezultant al celorlalte trei generatoare, pendulările rotorului acestui generator nu sînt atît de mari încît să ducă la anularea tensiunii nodului *2*.

Impedanţele aparente măsurate de relee au valori ridicate după dispariţia defectului, şi aceste valori cresc repede, o dată cu restabilirea tensiunilor.

În cadrul aceloraşi studii s-au examinat comparativ avariile pe barele de 110 şi 220 kV ale centralelor mari (Luduş şi Craiova). Din această examinare a rezultat, de exemplu, că avariile din apropierea barelor de 110 kV-Luduş au consecinţe mai grave asupra stabilităţii dinamice decît avariile la barele de 220 kV ale aceleiaşi staţii.

Această concluzie a indicat că este necesar să se modifice protecţiile pe liniile de 110 kV legate la staţiile centralelor respective.

VII. Determinarea parametrilor sistemului necesari reglajului frecvenţă-putere

În vederea determinării timpului de lansare au fost efectuate calcule de regimuri dinamice provocate de deconectări de grupuri sau de sarcini [2].

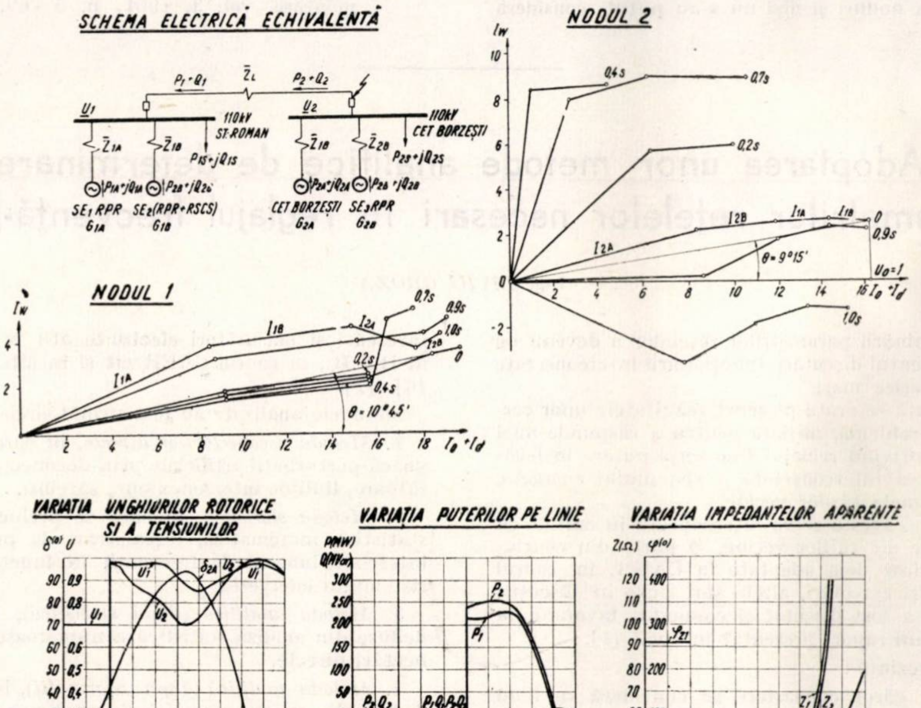


Fig. 3. Rezultate de calcul privind condiţiile de funcţionare a protecţiei de distanţă (linia de 110 kV Roman-Borzeşti).

În figura 3 se arată rezultatele obţinute într-unul dintre cazurile analizate (linia 110 kV Bicaz — Roman), unde, pe lîngă informaţiile obişnuite (tensiuni, unghiuri etc.), s-au determinat şi impedanţele aparente măsurate la capetele liniei.

Examinînd graficul nodului *1*, se observă că scăderea importantă a tensiunii nodului nu s-ar putea produce decît

În cazul acestui gen de calcule s-au folosit programe de lucru pentru scheme cu un nod şi două noduri, care asigură calculul variaţiei frecvenţei, în timpul regimului dinamic.

Valorile timpului de lansare determinate analitic, cu calculatorul CIFA, au fost verificate prin încercări directe în reţea, efectuate în cursul anilor 1960 şi 1961, rezultatele fiind foarte apropiate.

Concluzii

Problemele de stabilitate dinamică se rezolvă în mod curent în ISPE, prin aplicarea pe scară largă a metodei de analiză nodală Dimo, combinată cu calculatoarele electronice CIFA.

Programele de calcul al regimurilor dinamice la calculatoarele CIFA au un caracter general şi au fost întocmite pentru scheme simetrice tip cu 1, 2, 3 şi 4 noduri şi pentru orice gen de defect în reţea.

Îmbinarea analizei nodale cu calculatoarele CIFA a făcut posibilă examinarea amănunţită a unui număr mare de variante, lămurindu-se o serie de probleme complexe privind funcţionarea sistemului electroenergetic al R.P.R., pe baza cărora s-au putut trage concluzii deosebit de importante pentru practică.

Avantajul deosebit al folosirii calculatoarelor numerice la studiile de stabilitate dinamică constă şi în faptul că se pot urmări variaţiile diverşilor parametri cu o exactitate mărită, suficientă pentru concluziile practice ce decurg.

Prin utilizarea calculatoarelor CIFA la studiul regimurilor dinamice se obţine o reducere de circa 25 ori a timpului necesar calculelor şi o reducere a preţului de cost de circa 6 ori faţă de calculul cu rigla.

Existenţa programelor-tip de rezolvare a acestor probleme face posibilă manipularea acestora şi de către personal mai puţin specializat; munca de pregătire a datelor de intrare şi cea de prelucrare a rezultatelor obţinute la calculator sînt operaţii destul de simple.

Nu s-au putut întocmi programe-tip pentru scheme cu mai mult de patru noduri şi nici nu s-au putut considera fenomenele de reglaj decît în forme simplificate, din pricina memoriei limitate a calculatoarelor CIFA 2, 3, 4, cu care s-a lucrat.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Analiza nodală utilizînd curenţii de scurtcircuit, în cazul reţelelor complexe.* În: Energetica, nr. 8, 1960.

[2] Dimo, P. *Le temps de lancer d'un réseau. Caractéristiques et possibilités de détermination.* (*Application des calculateurs numériques associés à l'analiyse graphique*). În: Revue générale de l'Électricité, dec. 1960.

[3] Moraite, G. *Măsuri de îmbunătăţire a protecţiei prin relee, rezultate din analiza regimurilor dinamice provocate de avarii caracteristice.* În: Energetica, nr. 1, 1963.

[4] *Voprosî primenenia vicislitelnoi tehniki v energheticeskih sistemah.* Izdat. A.N. U.R.S.S., Kiev, 1962.

[5] Groza, L., Bogan, M., Ungureanu, B. *Folosirea maşinilor electronice de calcul la rezolvarea problemelor de reţele electrice.* În: Electrotehnica, nr. 10, 1961, p. 358–366.

[6] Bogan, M., Ungureanu, B. *Utilizarea maşinilor electronice de calcul CIFA-2 şi CIFA-3 la studiul sistemelor energetice.* M.M.E.E. — Informaţii documentare, vol. 3, 1961, p. 5–69.

Adoptarea unor metode analitice de determinare a parametrilor reţelelor necesari în reglajul frecvenţă-putere

Ing. *LIVIU GROZA*

Problema determinării parametrilor reţelelor a devenit de actualitate în momentul discutării funcţionării interconectate a sistemelor energetice mari.

În lucrarea de faţă se arată pe scurt rezultatele unor cercetări în această problemă, dirijate pentru a răspunde unei serii de probleme privind reglajul frecvenţă-putere în legătură cu funcţionarea interconectată a sistemului energetic al R.P.R. cu sistemele ţărilor vecine.

După cum se ştie, acesta se va interconecta în curînd cu sistemele energetice ale ţărilor vecine. O parte din concluziile studiului au fost deja adoptate la CAER, în cadrul secţiilor de studii şi cercetări, altele sînt puse în discuţie. Un anumit aspect a fost discutat şi comentat favorabil la CIGRE pe baza unui raport prezentat în 1962 [1].

În lucrare se prezintă:

A. Parametrii a căror cunoaştere se consideră ca fiind de primă urgenţă (pantă caracteristică şi timp de lansare).

B. Necesitatea exactităţii cu care aceşti parametri trebuie determinaţi, arătîndu-se consecinţele necunoaşterii lor exacte asupra calităţii reglajului, atît sub aspectul regimului normal, în care se impune respectarea condiţiilor contractuale de schimb între ţări, cît şi sub aspectul regimului considerat de avarie, în care se prevede acordarea de ajutor reciproc sistemului în care a apărut deficit de putere reglantă. Pentru primul caz s-a analizat, în special, regimul tranzitoriu, pentru cel de-al doilea — regimul stabilizat. S-a examinat mai în detaliu cel de-al doilea caz, întrucît, din numeroasele studii efectuate pînă în prezent, a reieşit că în regimuri tranzitorii apropiate de regimurile optimizate parametrii reţelelor influenţează mai puţin calitatea reglajului [2], [3].

C. Diversele metode de determinare a parametrilor şi examinarea posibilităţilor lor de exactitate pe bază de considerente teoretice şi de rezultate obţinute în practică. Pentru aceasta s-au făcut calcule statistice pe baza a numeroase încercări şi măsurători efectuate atît în sistemul energetic al R.P.R., în cadrul CAER cît şi în alte ţări [1], [4], [5], [6], [7].

Metodele analizate au fost următoarele:

1. *Metoda deconectărilor directe*, în care în sistem se provoacă perturbaţii artificiale prin deconectări de puteri (generatoare, linii de interconexiune, sarcini).

2. *Metoda statistică*, în care se prelucrează, pe bază de statistică matematică, înregistrări de putere pe liniile de interconexiune şi de frecvenţă în funcţionarea normală a sistemului energetic.

3. *Metoda analitică* (*după statistică*), bazată pe formule deduse din analiza statistică a numeroase încercări de deconectări directe.

4. *Metoda analitică* (*după informaţii*), bazată pe o formulă dedusă din analiza teoretică şi experimentală a parametrilor. Această formulă este nouă şi are la bază informaţii globale asupra unor caracteristici ale sistemului energetic.

Metodele 1 şi 2 sînt experimentale, iar 3 şi 4 — analitice. Asupra primelor trei nu se insistă, întrucît sînt cunoscute din literatură [8], [9], [5], [7] etc. Metoda 4 este nouă, din care cauză s-a examinat mai detaliat, atît ca bază teoretică, cît şi ca verificare experimentală.

D. Interpretarea rezultatelor obţinute din examinarea exactităţii necesare cît şi a posibilităţilor diverselor metode, pentru alegerea metodelor corespunzătoare.

Pentru a nu folosi metode care fac necesară provocarea de perturbaţii în funcţionarea normală a sistemului, sau care necesită un aparataj de măsură şi calcul costisitor, s-au examinat metode analitice care să dea rezultate suficient de exacte şi în acelaşi timp să fie uşor adaptabile la diversele regimuri ale sistemului energetic şi să nu necesite un volum prea mare de informaţii în sistem.

1. Parametrii examinați

Se examinează parametrii ce apar ca fiind de primă urgență, și anume:

Panta caracteristică frecvență-putere a sistemului, K, se definește după formula:

$$K = \frac{\Delta P}{\Delta f}\ \text{MW/Hz},$$

sau în unități relative:

$$K^* = \frac{\Delta P}{\Delta f} \cdot \frac{f_n}{P_n},$$

unde:

f_n este frecvența nominală;
P_n — puterea nominală totală a generatoarelor.

Ea reprezintă raportul dintre variația puterii și variația corespunzătoare stabilizată a frecvenței. Se presupun cunoscute din literatură condițiile în care se măsoară ΔP și Δf [5], [10].

Timpul de lansare, T, se definește în funcție de energia cinetică înmagazinată în toate masele turnante din sistem, raportată la puterea activă produsă de generatoare [8], [9], după relația:

$$T = \frac{\Sigma J \omega^2}{P_s} = \frac{\text{Dublul energiei cinetice înmagazinate în masele turnante}}{\text{Puterea activă furnizată rețelei}},$$

unde:

J este momentul de inerție individual al fiecărei mase turnante;
ω — viteza unghiulară nominală a maselor turnante, care, după cum se știe, este în dependență liniară de frecvența rețelei f.

După cum s-a arătat, însumarea energiei cinetice se face pentru toate masele turnante din sistemul energetic.

În literatură se găsește și valoarea $\frac{J\omega^2}{2}$, care reprezintă valoarea energiei cinetice, însă în practică se utilizează mai ales dublul acestei valori.

Parametrii K și T sînt utilizați la următoarele probleme:

K — la stabilirea mărimii ordinului de reglaj după legea binomului, adică la comanda de încărcare sau descărcare dată centralelor din sistem, în cadrul reglajului manual sau automat.

Se știe că în acest caz ordinul de reglaj dat centralelor reglante este de forma:

$$A = \Delta P + \lambda \cdot \Delta f.$$

Alegerea lui λ, care este panta caracteristică a reglajului secundar, se face în funcție de K al fiecărei rețele în parte.

În practică, chiar și în cazul reglajului manual, se folosesc termeni cuprinzînd integrala lui A sau media lui pe intervale mai lungi de timp (de exemplu $5 \div 15 \div 16$ minute), termeni proporționali cu A intervenind direct numai în cazuri de variații rapide ale lui Δf sau ΔP.

K se utilizează, de asemenea, la determinarea ajutorului reciproc în caz de deficit de putere într-o rețea, în cadrul procesului stabilizat.

K și T sînt introduși în schemele-bloc la mașinile analogice, cercetîndu-se în cadrul procesului tranzitoriu calitatea reglajului.

Schema care stă la baza analizelor este arătată în figura 1. La un șoc de putere în una din rețelele interconectate, pe linia de interconexiune apare o variație de putere ΔP_L, iar în ambele sisteme — o variație de frecvență Δf.

După ce se parcurge procesul tranzitoriu arătat în figura 2, se ajunge la o valoare stabilizată, care în general corespunde valorilor de consemn, adică:

P_L — puterea program pe linia de interconexiune;
f_n — frecvența nominală de funcționare.

În anumite împrejurări, care vor fi arătate la pct. 2.2, la sfîrșitul procesului tranzitoriu se obțin abateri de la mărimile de consemn (fig. 2, *a*) în procesul stabilizat.

*

Într-o fază mai avansată este necesar să se analizeze funcția de transfer a sistemului, care cuprinde și alți parametri

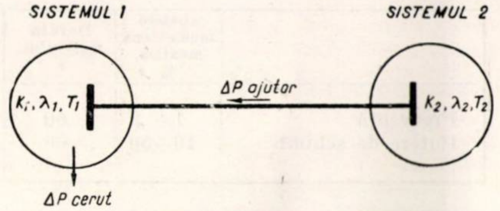


Fig. 1. Schema de bază folosită în analiză.

Se presupun două sisteme interconectate.
Variația de putere are loc în sistemul *1*. Sistemul *2* poate reprezenta mai multe sisteme interconectate. Este reprezentat cazul particular al ajutorului reciproc la deficit de putere reglantă în sistemul *1*.

caracteristici, precum și caracteristicile dinamice de variație a sarcinii pe ansamblul sistemului energetic.

Această funcție de transfer are de obicei [5] forma:

$$F_{(p)} = \frac{p + \frac{1}{T_s}}{T\left[p^2 + \left(\frac{1}{T_s} + \frac{K_s}{T}\right)p + \frac{K_G + K_s}{T \cdot T_s}\right]},$$

în care:

p este operatorul d/dt;
T_s — durata cursei servomotorului;
K_G și K_s — pantele generatoarelor și sarcinii.

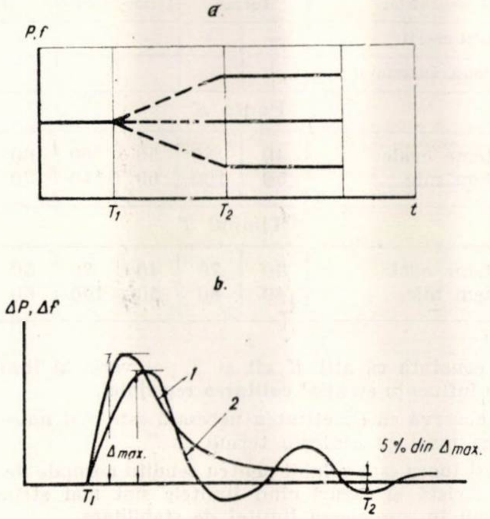


Fig. 2. Proces tranzitoriu și stabilizat:

a — proces stabilizat; *b* — proces tranzitoriu. Δ_{max} reprezintă abaterea maximă. La *T*1 intervine variația de sarcină, la T*2* se încheie procesul tranzitoriu.

Se observă că în procesul inițial ($p \longrightarrow \infty$) devine important T, iar în procesul stabilizat ($p \longrightarrow 0$) se obține $K = K_G + K_s$.

2. Exactitatea necesară a cunoașterii lui K și T

Influența acestor parametri s-a examinat pe baza unor calcule la mașini analogice și calcule analitice. S-au arătat consecințele necunoașterii lor exacte, sub următoarele aspecte caracteristice:

2.1. *În procesul tranzitoriu*

S-au folosit studii dirijate special în acest scop, efectuate în R.P.R., la maşina analogică Mecan-1 [3], şi în alte ţări [2], [16].

S-au considerat în mod orientativ următoarele criterii la aprecierea condiţiilor-limită :

	Abatere momentană maximă, %	Durata reglajului, s
Frecvenţă	1 ÷ 3	60
Putere de schimb	10 ÷ 50	60

Pentru abateriile momentane maxime, în tabela de mai sus se dau două valori : prima corespunde cazului unui sistem mic, *1*, legat la un sistem mare, *2*, a doua cifră corespunde cazului interconectării a două sisteme egale. Şocul de putere se consideră în sistemul *1* fiind de ordinul 1—3 % din puterea acestui sistem. Abaterea puterii de schimb se raportează la acest şoc.

Durata reglajului se consideră pînă în momentul în care abaterea mărimii reglate se stabilizează sub 5 % din abaterea maximă iniţială.

Principial acest lucru se poate urmări în figura 2, *b*.

În cele ce urmează nu se indică mersul calculelor, acesta depăşind cadrul studiului, ci se vor arăta rezultatele principale obţinute.

Menţionăm că aceste calcule au fost făcute în anumite ipoteze medii pe sistem, cum ar fi cota centralelor reglante, mărimea absolută a lui K şi λ, stabilizarea reglajului etc.

Erorile admisibile, în aceste condiţii, sînt redate în tabela 1.

Tabela 1

Erori admisibile, în %, în determinarea parametrilor

Felul centralelor	Termo		Termo+Hidro		Hidro	
Semnul erorii	−	+	−	+	−	+
Mărimea sistemului						
	Panta K					
Sisteme egale	40	80	50	100	60	110
Sistem mic	50	100	60	110	70	130
	Timpul T					
Sisteme egale	30	70	40	80	50	100
Sistem mic	40	80	50	100	60	110

Se constată că atît K cît şi T pot varia în limite largi fără a influenţa esenţial calitatea reglajului.

Se observă că exactitatea necesară este mai mare pentru sisteme mari cu centrale termo.

Acest lucru este valabil pentru condiţii normale de exploatare. Există şi cazuri cînd limitele sînt mai strînse — de exemplu în apropierea limitei de stabilitate.

2.2. *În procesul stabilizat*

S-a examinat procesul stabilizat sub aspectul ajutorului dat de reţelele vecine în cazul lipsei de putere reglantă în reţeaua proprie [14], [15], [17], [18].

În figurile 1 şi 2,*a* se poate urmări în principiu felul cum a fost analizat procesul stabilizat.

În cazul exportului de putere din sistemul *1* spre sistemul *2*, de exemplu, la un deficit de putere reglantă în sistemul *1*, puterea transportată pe linie se va stabili la o valoare mai coborîtă.

Criteriul de apreciere folosit a fost ca abaterea maximă a acestui ajutor să fie în limita de 20 %.

Pe baza curbelor precalculate din figura 3 s-au obţinut o serie de rezultate, ale căror valori extreme caracteristice sînt redate în tabela 2.

Tabela 2

Eroarea admisibilă în cunoaşterea lui K_1. Abaterea maximă a puterii de ajutor 20 %. Valorile $K_1/K_{1_{real}}$

Mărimea sistemului	P_1/P_2	Ajutorul acordat	
		mare ($\lambda_2^* = 25$)	mic ($\lambda_2^* = 5$)
Mic	0,1	0,58—1,82	0,25—2,5
Mediu	1	0,85—1,28	0,75—1,5
Mare	10	0,9 —1,2	0,88—1,22

Valorile redate în tabela 2 s-au obţinut din curbele din figura 3 în felul următor : se ia în curbele de sus o mărime medie a lui K^* (de exemplu $K^* = 10$). Se ia apoi pe ordonată, pe curba respectivă a lui λ^* (de exemplu $\lambda^* = 5$ sau $\lambda^* = 25$), banda de toleranţă respectivă (de exemplu 20 %). Se citesc apoi pe ordonată mărimile extreme ale lui K^*.

Considerăm cele două sisteme, *1* şi *2*, cu caracteristicile respective (K, λ, P). În sistemul *1* s-a consumat banda reglantă şi se cere o putere suplimentară ΔP_{cerut}. Ajutorul acordat de reţelele vecine se poate exprima prin $\Delta P_{ajutor} = \lambda_2 \Delta f$.

$$\Delta P_{cerut} = \Delta P_{ajutor} + K_1 \Delta f = \Delta P_{ajutor} \left(1 + \frac{K_1}{\lambda_2}\right).$$

S-au construit diagramele din figura 3, pentru a putea aprecia importanţa diverşilor factori, în cazurile extreme $P_1/P_2 = 0,1 \div 1 \div 10$, iar K_1^* şi λ_2^* putînd varia în domeniul $5 \div 25$.

Consideraţiile calitative ce au rezultat sînt valabile pentru situaţii medii în anumite ipoteze (capacităţilor liniilor de interconexiune, benzilor de reglaj, sensului puterii etc).

După cum se vede din tabelă, rezultatele sînt influenţate mult de mărimea sistemului. Se observă că pentru sistemele mici exactitatea necesară este mai mică.

În al doilea rînd se observă că, în cazul în care ajutorul acordat este mic, şi exactitatea necesară este mai mică.

Sintetizînd rezultatele obţinute, se pot stabili datele din tabela 3 orientativ asupra exactităţii necesare, în %.

Tabela 3

Parametrul	Procesul	Maximă		Minimă	
		−	+	−	+
K	tranzitoriu	40	80	70	130
	stabilizat	10	20	75	150
T	tranzitoriu	30	70	60	110

3. Metodele de calcul şi posibilităţile lor

Metodele utilizate sînt, în general, cunoscute din literatură, în afara metodei analitice pe bază de formule.

În cele ce urmează se va da o scurtă prezentare a metodelor şi a modului de utilizare.

Menţionăm că toate metodele se aplică la determinarea lui K. Pentru determinarea lui T s-au folosit numai metodele 1 şi 4.

3.1. *Metoda deconectărilor directe*

Se provoacă o variaţie bruscă de putere, prin deconectări, se examinează apoi curba de variaţie a frecvenţei.

În figurile 4, *a* și 4, *b* se vede nodul de calcul al lui *K* și *T*. Determinarea mai exactă a lui *T* se face în cazul lipsei rezervei de putere din sistem, cînd tangenta poate fi trasată cu precizie mai mare.

Dezavantajul acestei metode, și anume acela că nu reproduce exact condițiile de exploatare, a fost parțial corectat prin optimizările propuse și experimentate în R.P.R., sintetizate într-un raport prezentat la CIGRE în 1962 [1].

3.2. *Metodele statistice*

Se bazează pe prelucrarea statistică a înregistrărilor de putere pe liniile de interconexiune și a frecvenței în funcționarea normală a sistemului și duc, în primul rînd, la determinarea lui *K*.

Se consideră două sisteme interconectate, *1* și *2* (fig. 1). În cazul în care se presupun perturbații simultane în ambele

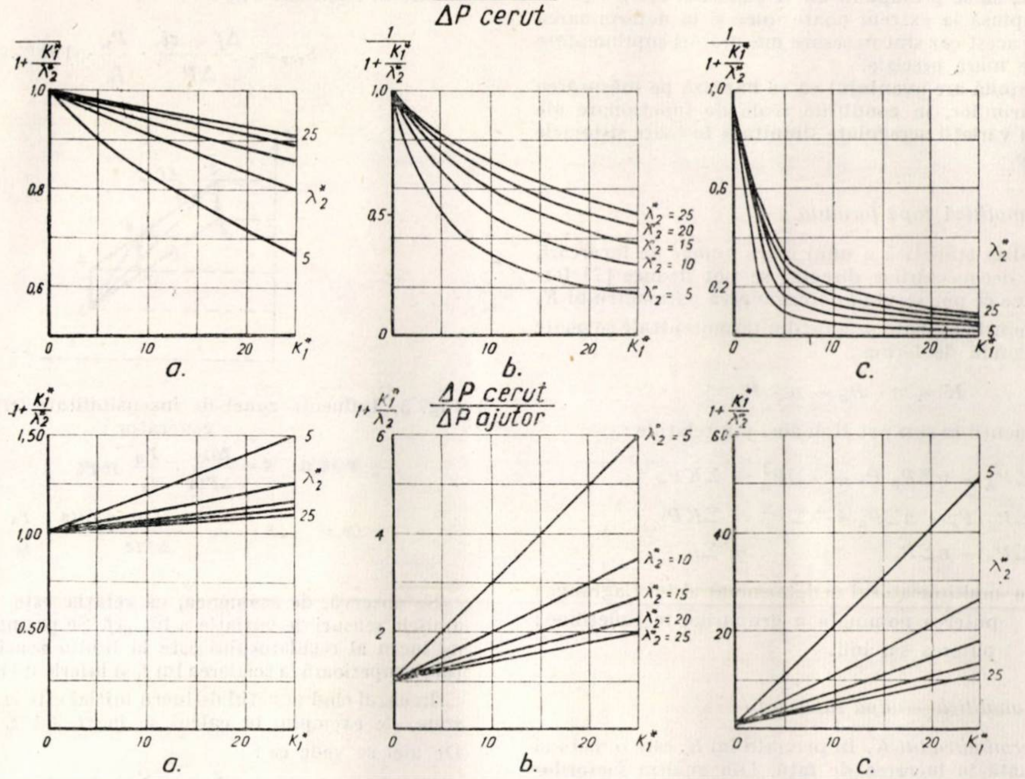


Fig. 3. Curbe precalculate arătînd ajutorul reciproc dat de sistemele vecine (indice 2) unui sistem deficitar de putere reglantă (indice 1):

Influența lui K_1 (propriu) și λ_2 (vecin).

$$\frac{\Delta P_{ajutor}}{\Delta P_{cerut}} = \frac{1}{1 + \dfrac{K_1^*}{\lambda_2^*}} \qquad \frac{\Delta P_{cerut}}{\Delta P_{ajutor}} = 1 + \frac{K_1^*}{\lambda_2^*}$$

Raportul puterilor instalate în sisteme: *a*) $P_1/P_2 = 1/10$; *b*) $P_1/P_2 = 1$; *c*) $P_1/P_2 = 10$.

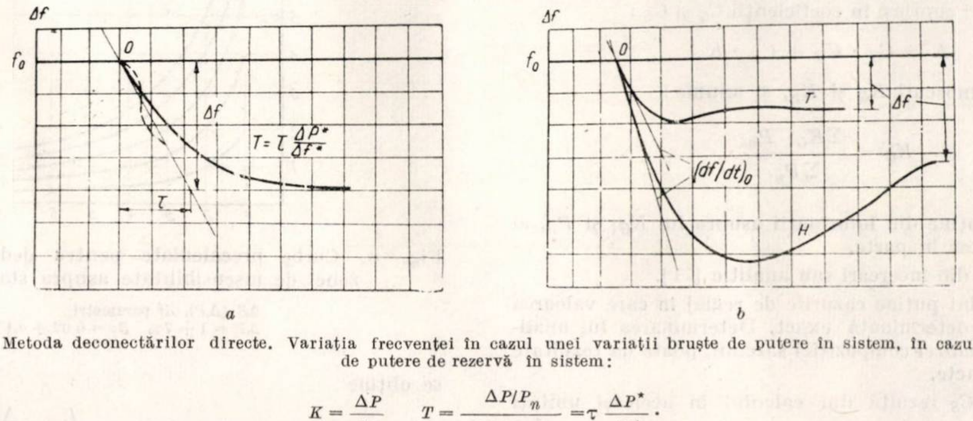


Fig. 4. Metoda deconectărilor directe. Variația frecvenței în cazul unei variații bruște de putere în sistem, în cazul lipsei de putere de rezervă în sistem:

$$K = \frac{\Delta P}{\Delta f} \qquad T = \frac{\Delta P/P_n}{(df/dt)_0\, 1/f_0} = \tau\, \frac{\Delta P^*}{\Delta f^*}.$$

Punctat se observă oscilațiile de sincronizare sau cu rezervă de putere în sistem.

sisteme, din considerente de statistică matematică [7] se obţine :

$$\frac{\sigma\Delta P_L}{\sigma\Delta f} = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2} = K_{12},$$

unde σ reprezintă abaterile medii pătratice.

Pentru ca să se poată obţine separat valorile pentru fiecare sistem în parte, trebuie format un număr suficient de ipoteze (de exemplu interconectări bilaterale succesive între mai multe sisteme, să se presupună un K cunoscut etc.).

Analiza împinsă la extrem poate duce şi la determinarea lui T, însă în acest caz sînt necesare măsurători suplimentare şi aparate de mare precizie.

Această metodă are avantajul că se bazează pe măsurarea directă a mărimilor, în condiţiile reale de funcţionare ale sistemului, cu variaţii neregulate simultane în toate sistemele interconectate.

3.3 *Metoda analitică după formulă*

Făcînd analiza statistică a unui mare număr de încercări, prin metoda deconectărilor directe, se pot deduce [7] formulele practice ce pot servi la determinarea parametrului K.

Pentru sistemele formate practic din termocentrale se poate deduce o formulă de forma :

$$K = m \cdot P_n - n \cdot P_s,$$

în care coeficienţii m şi n pot fi deduşi din relaţiile :

$$\begin{aligned} m\Sigma P_n^2 - n\Sigma P_n\, P_s + \lambda\Sigma P_n^2 &= \Sigma K P_n \\ m\Sigma P_n\; P_s - n\Sigma P_s + \lambda\Sigma P_s^2 &= \Sigma K P_L \\ m\Sigma P_n - n\Sigma P_s &= \Sigma K \end{aligned}$$

unde λ este multiplicatorul nedeterminat al lui Lagrange ;
P_n — puterea nominală a grupurilor în funcţiune ;
P_s — puterea sarcinii.

3.4. *Metoda analitică — după informaţii*

3.4.1. *Determinarea lui K.* În privinţa lui K, este o metodă nouă examinată în lucrarea de faţă. Din analiza factorilor care influenţează pe K a rezultat o formulă care se bazează pe o serie de informaţii din sistem, cum ar fi : statismul generatoarelor, zona lor de insensibilitate, gradul de încărcare al agregatelor şi poziţia limitatoarelor de deschidere, coeficientul de autoreglaj al sarcinii, puterea nominală totală a grupurilor şi puterea sarcinilor.

Consideraţii care au stat la baza analizei coeficientului K şi la stabilirea formulei analitice de determinare pe bază de informaţii. Panta totală K a sistemului se compune în principal din panta generatoarelor K_G şi panta sarcinii K_s, fiecare la rîndul ei putînd fi influenţată de diverşi factori cuprinşi în coeficienţii C_G şi C_S :

$$K = C_G \cdot K_G + C_S \cdot K_S.$$

Se consideră cunoscuţi K_G şi K_S, şi anume :

$$K_G = \frac{\Sigma K_{Gi}\, P_{ni}}{\Sigma P_{ni}}.$$

Aceasta se obţine din informaţii asupra lui K_{Gi} şi P_{ni} ai fiecărui generator în parte.

K_S se obţine din încercări sau analitic [11].

În practică sînt puţine cazurile de reglaj în care valoarea lui K_S trebuie determinată exact. Determinarea lui analitică, pe baza analizei compoziţiei sarcinii, poate da rezultate suficient de exacte.

Coeficientul C_S rezultă din calculul în aceleaşi unităţi relative, K_S fiind raportat la puterea sarcinii P_S, $C_S = \frac{1}{r}$.

Coeficientul C_G va conţine factori care influenţează practic pe C_G. Pentru aceasta se introduc doi factori :

$$C_G = C_{zi} \cdot C_r,$$

în care :

C_{zi} arată influenţa zonei de insensibilitate, iar
C_r — cea a rezervei din sistem.

Deducerea lui C_{zi}. Din figura 5 se poate extrage statismul rezultant S_{rez} :

$$S_{rez} = \frac{\Delta f + zi}{\Delta P} \cdot \frac{P_n}{f_n} \cdot 100\,\%.$$

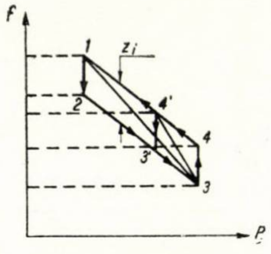


Fig. 5. Influenţa zonei de insensibilitate (*zi*) în cazul unui generator :

$$\text{Fără } zi: \quad S = \frac{\Delta f14}{\Delta P14} \cdot \frac{P_n}{f_n}\, 100\%$$

$$\text{Cu } zi \quad : \quad S = \frac{\Delta f14 + zi\ 43 = \Delta f13}{\Delta P14} \cdot \frac{P_n}{f_n}\, 100\%.$$

Se observă, de asemenea, că relaţia este valabilă pentru ambele sensuri de variaţie a lui Δf. Se presupune că punctul de lucru al regulatorului este la limita zonei de insensibilitate : superioară la scăderea lui f, şi inferioară la creşterea lui f.

În cazul cînd punctul de lucru iniţial este la mijlocul acestei zone, de exemplu, în calcul se ia $zi \times 1/2$.

De aici se vede că :

$$S_{rez} = S + zi.$$

Deoarece $zi = \Delta S$, pentru care se pot calcula curbe (fig. 6),

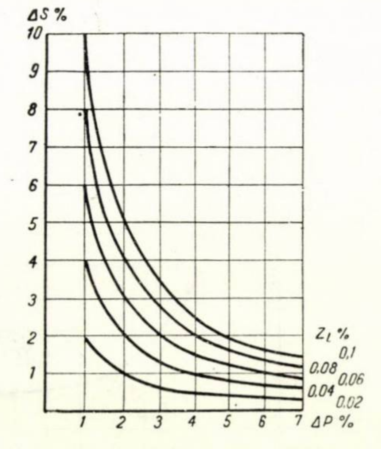


Fig. 6. Curbe precalculate pentru deducerea influenţei zonei de insensibilitate asupra statismului :

ΔS (ΔP), Zi parametri
$\Delta P = 1 \div 7\%$ $\quad Zi = 0{,}02 \div 0{,}1\%$.

se obţine :

$$S_{rez} = S + \Delta S = S_G \left(1 + \frac{\Delta S}{S_G}\right).$$

Deoarece $K_{rez} = \frac{100}{S_{rez}} = \frac{100}{S_G\left(1 + \frac{\Delta S}{S_G}\right)} = \frac{K_G}{1 + \frac{\Delta S}{S_G}}$.

Se observă că factorul de corecţie a lui K_G este:

$$C_{zi} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta S}{S_G}}.$$

Pentru acesta s-au construit curbe precalculate (fig. 7), de exemplu pentru $S_G = 5\%$ cu ΔP şi zi ca parametri.

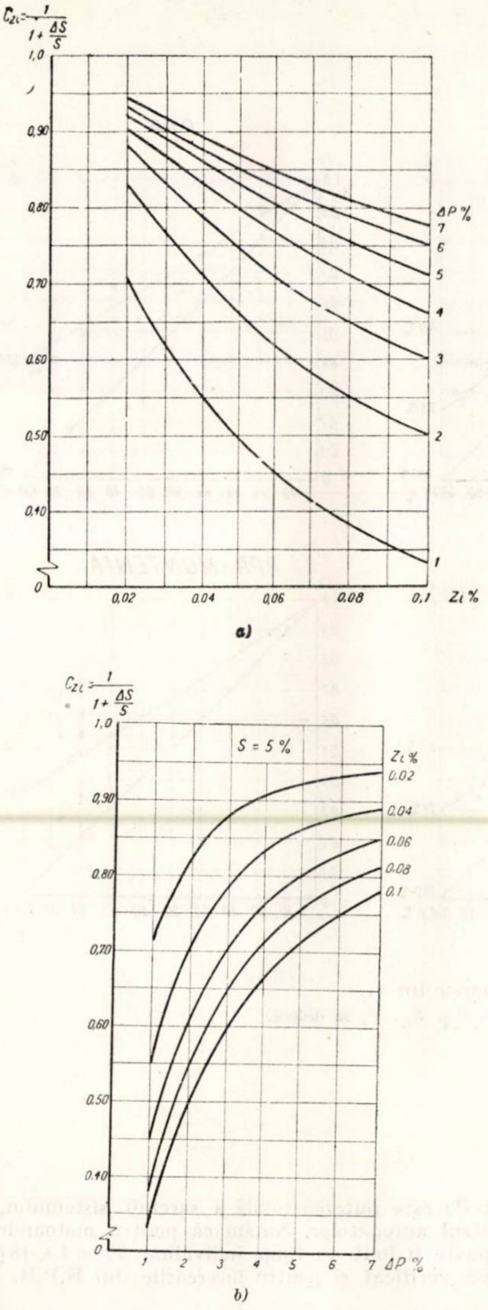


Fig. 7. Curbe precalculate pentru determinarea factorului C_{zi}. Curba coeficientului de corecţie C_{zi} a puterii:

a – curba C_{zi} *(zi)*, $S = 5\%$, ΔP parametru;
b – curba C_{zi} *(P)*, $S = 5\%$, *zi* parametru.

Se observă că C_{zi} este subunitar, valoarea lui S/S_G fiind întotdeauna pozitivă. Valoarea lui ΔS este cu atît mai mare cu cît ΔP este mai mic.

Extinzînd raţionamentul la un sistem energetic, se constată că fenomenul devine mai complex, deoarece:

— punctul de lucru în cuprinsul zonei de reglaj poate fi la un moment dat diferit la diversele agregate;

— variaţia de frecvenţă totală poate să nu scoată toate regulatoarele din zi;

— locul variaţiei sarcinii poate influenţa diferit diversele regulatoare, datorită variaţiilor locale temporare diferite ale frecvenţei ca urmare a oscilaţiilor de sincronizare [7], [8], [9].

Pentru a obţine o primă orientare se introduce noţiunea de zonă de insensibilitate medie:

$$zi = \frac{\Sigma zi \cdot P_{ni}}{\Sigma P_{ni}}.$$

Această relaţie este adevărată numai în anumite ipoteze teoretice, şi anume: Δf total să fie mai mare decît cel mai mare zi, se neglijează influenţa poziţiei relative a regulatoarelor faţă de locul de variaţie al sarcinii etc.

Prima corecţie asupra lui zi ar fi în legătură cu eliminarea agregatelor ce nu sînt scoase din zona de insensibilitate la variaţii mici de frecvenţă; se fac apoi ipoteze asupra punctului de lucru al regulatoarelor etc. Pînă la urmă, pe baza unor calcule de statistică, s-a confirmat pentru o serie de reţele că în calcule se poate lua $zi \times 1/2$, valoare găsită şi în literatură [6], [12].

Deducerea lui C_r. S-a căutat să se stabilească o relaţie între rezerva sistemului şi valoarea lui K_G, ţinîndu-se seamă în primul rînd de influenţa grupurilor care lucrează pe limitator de putere.

Pe măsura creşterii sarcinii sistemului, se obţine:

$$K_{Gr} = \frac{\sum_{1}^{m} K_{Gi} P_{ni} - \sum_{m}^{n} K_{Gi} - P_{ni}}{\Sigma P_{ni}} = K_G - K_{Gmn} =$$

$$= K_G\left(1 - \frac{K_{Gmn}}{K_G}\right) = K_G\,(1 - L \cdot r) = K_G \cdot C_r,$$

în care generatoarele între m şi n au ajuns să lucreze pe limitator.

Fără a se intra în amănunte, semnificaţia lui L şi r a rezultat pe baza unor aprecieri statistice. S-a construit diagrama din figura 8, în care, în cazul variaţiei liniare, C_r poate fi definit:

$$C_r = 1 - L \cdot r,$$

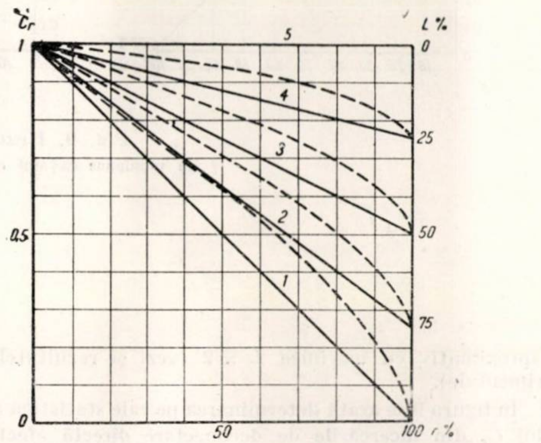


Fig. 8. Curbe precalculate pentru determinarea factorului C_r. Curba coeficientului de corecţie C_r funcţie de rezerva în sistem $r \cdot L$ = parametru:

———— Ipoteza variaţiei liniare;
· · · · · · Ipoteza variaţiei după curbă.

în care r este coeficientul cunoscut de încărcare $r = (P_S / P_n) \cdot 100\,\%$, iar L este un coeficient nou care arată în principal influența agregatelor care lucrează pe limitatorul de sarcină sau în imediata apropiere a intrării lui în acțiune. $L = 0$ cînd nici un grup nu lucrează pe limitator și $L = 100\,\%$ cînd toate grupurile lucrează pe limitator la $r = 100\,\%$.

Variația liniară a lui C_r este valabilă pentru cazurile în care se admite că, pe măsura creșterii lui r, cresc proporțional și grupurile care lucrează pe limitator. În realitate, variația nu este chiar liniară, intră în joc și alți factori (mărimea variației de sarcină, sensul ei, locul etc).

Se consideră L obținut din informații asupra sistemului, care însă în general nu ies din gama $30 \div 40\,\%$. Ținînd seamă statistic și de ceilalți factori, a rezultat că trebuie lucrat aproximativ cu mărimea $L \times 2$ (vezi și rezultatele experimentale).

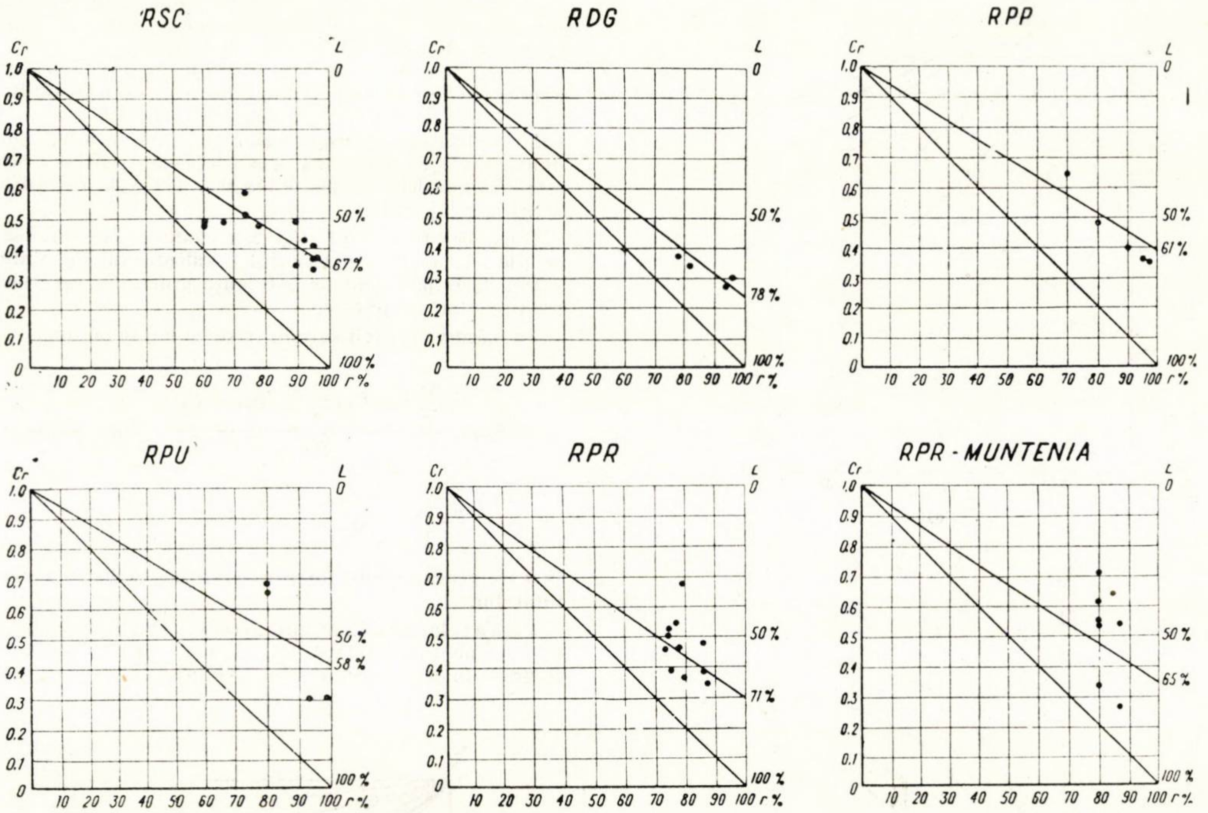


Fig. 9. Rezultatele privind evaluarea lui C_r.
Se presupune că [sînt cunoscute $K_{măs}$, ΔP, r, zi, C_{zi}, K_G. C_r se deduce din relația:

$$Cr = \frac{K_{măs} - 1/rK_i}{K_G\, C_{zi}}.$$

În figura 9 se arată determinarea pe cale statistică a valorii lui C_r din încercările de deconectare directă efectuate în țările CAER (1961) și în R.P.R. (1959—1960)

3.4.2. *Determinarea lui T.* Se descompune în două grupe, corespunzător agregatelor sincrone și sarcinii asincrone:

$$T = T_G + T_S.$$

T_G poate fi dedus din timpii de lansare individuali, T_i, ai agregatelor, cunoscuți din relația:

$$T_i = 2{,}74\, \frac{GD^2 \cdot n^2}{S_i}\, 10^{-3} \text{ (s)}$$

unde:

GD^2 este momentul volantului exprimat în t.m^2;
n — turația nominală a agregatului, rot/min;
S_i — puterea aparentă nominală a agregatului, kVA.

Pentru ambele grupe este valabilă relația:

$$T_S = \frac{\sum_1^k S_i\, T_i}{P_s},$$

în care P_S este puterea totală a sarcinii sistemului, iar k — numărul agregatelor. Notăm că pentru motoarele asincrone poate fi luat un timp individual $T_i = 1$ s [8] Acest lucru s-a verificat și pentru încercările din R.P.R.

4. Verificarea rezultatelor obținute prin diverse metode

Metoda statistică de verificare a fost următoarea:

S-au determinat, pentru fiecare încercare de deconectare, două mărimi: măsurată, x, și calculată, y.

S-au calculat valorile medii simple $(\overline{x})$ și pătratice, calculîndu-se abaterile Δx, abaterile medii pătratice σ și dispersiile σ^2, după relațiile (pentru x) :

$$\overline{x} = \frac{\Sigma x}{n}, \quad \overline{x}^2 = \frac{\Sigma x^2}{n}, \quad \Delta x = \overline{x} - X$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_1^n \Delta x^2}{n} \qquad \sigma x = \sqrt{\sigma_x^2}.$$

S-a calculat, acolo unde era cazul, și factorul de corelație

$$\rho = \frac{\Sigma \Delta x \cdot \Delta y}{n \cdot \sigma x \, \sigma y}.$$

Sintetizarea rezultatelor finale obținute pe un număr foarte mare de încercări și diverse tipuri de rețele (R.P.R., CAER, Anglia, Italia) se arată în tabela 4. Din lipsă de spațiu nu se arată datele de calcul, ci numai rezultatele finale.

Se arată de asemenea, în figurile 10 și 11, rezultatele obținute prin metodele analitice în comparație cu deconectările directe.

Rubricile favorabil și defavorabil se referă la condițiile de încercare.

Menționăm că în cazul timpului de lansare crearea condițiilor favorabile se referă la utilizarea condițiilor de măsurare.

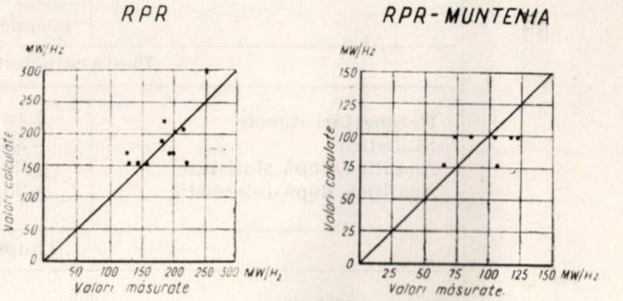


Fig. 10. Corelația între valorile măsurate și calculate analitic — după formula :

	m	n	
R.P.R.	0,781	0,57	0,821
R.P.R.-Muntenia	0,84	0,66	0,864
Anglia (informativ)	0,8	0,6	0,9

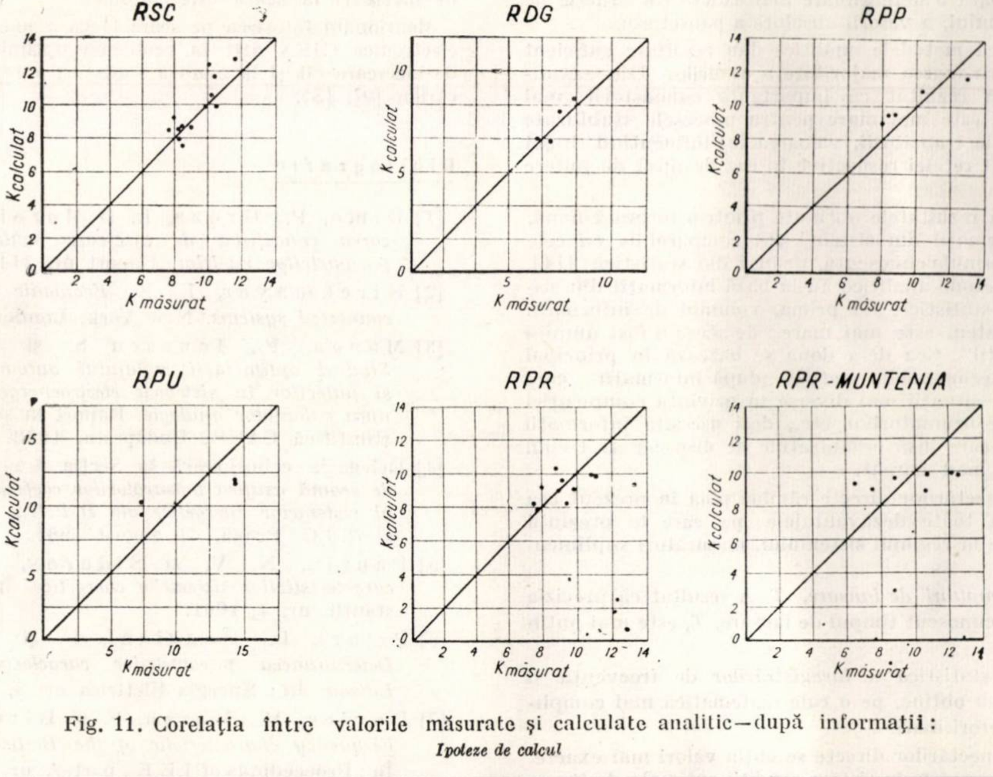


Fig. 11. Corelația între valorile măsurate și calculate analitic—după informații :

Ipoleze de calcul

	S_G %	*zi* × 1/2 mHz	*L*% × 2	ρ
1 R.S.C.	5	30	67	0,81
2 R.D.G.	5	40	78	0,94
3 R.P.P.	5	40	61	0,98
4 R.P.U.	5	40	58	0,96
5 R.P.R.	5	40	71	0,614
6 R.P.R.-Muntenia	5	40	65	0,731

Tabela 4

Verificarea statistică a exactităţii metodelor

	Erori maxime, %		Abatere, σ		Factor de corelaţie, ρ	
	Favorabil	Defavorabil	Favorabil	Defavorabil	Favorabil	Defavorabil
Panta caracteristică frecvenţă-putere, K						
Deconectări directe	±10	±25	6	20	—	—
Statistică	−30	−50	25,6	—	—	—
Analitică după statistică	±20	±35	10	20	0,9	0,85
Analitică după informaţii	±25	—	23	—	0,84	—
Timpul de lansare, T						
Deconectări directe :						
— fără corecţii	±25	+120−60	10	—	—	—
— cu corecţii	±10	±25	5	—	—	—
Analitică după informaţii	—	±15	7	—	—	—

Concluzii

Examinînd rezultatele obţinute, sintetizate în tabelele orientative 3 şi 4, se pot trage următoarele concluzii :

Măsurarea pantei caracteristice K. Pentru majoritatea cazurilor, eroarea admisibilă în măsurarea acestui parametru, chiar şi în metoda statistică, pare să fie la limita inferioară a exactităţii necesare. Sînt, bineînţeles, cazuri speciale, în care este necesară o determinare mai exactă (în funcţie de mărimea sistemului, a valorii absolute a pantei etc).

Considerăm că metodele analitice dau rezultate suficient de exacte pentru marea majoritate a cazurilor. Din examinările făcute a rezultat că importanţa cunoaşterii mai exacte a lui K este mai mare pentru procesele stabilizate decît pentru cele tranzitorii, valoarea lui influenţînd direct ajutorul acordat reţelei respective în caz de lipsă de putere reglantă.

S-a arătat că rezultatele obţinute printr-o formulă nouă, bazată pe informaţii din sistem, sînt comparabile cu cele obţinute prin formula cunoscută, dedusă din statistică [14]. Aceste ambe metode analitice au la bază informaţii din sistem şi calcule statistice. La prima, volumul de informaţii necesare din sistem este mai mare ; de aceea a fost numită ,,după informaţii''. Cea de-a doua se bazează în principal pe statistică. Recomandăm metoda ,,după informaţii'', care se adaptează la situaţii mai diverse în privinţa compoziţiei centralelor, a consumatorilor etc., deşi necesită informaţii mai ample, de care însă organizaţiile de dispecer ar trebui să dispună în mod curent.

Metoda deconectărilor directe rămîne pînă în prezent cea mai exactă, cu toate dezavantajele pe care le prezintă (măsuri speciale în regimul sistemului, măsurători suplimentare etc.).

Măsurarea timpului de lansare, T. A rezultat că precizia cu care trebuie cunoscut timpul de lansare, T, este mai puţin importantă.

Din analiza statistică a înregistrărilor de frecvenţă şi putere s-ar putea obţine, pe o cale matematică mai complicată, valori cu erori mari.

În cazul deconectărilor directe se obţin valori mai exacte, cu condiţia să se creeze în sistem condiţii optimale de încercare bazate, pe de o parte, pe deconectarea o dată cu puterea activă a unei anumite puteri reactive, iar pe de altă parte pe simetrizarea reţelei, ceea ce conduce la o liniştire a regimului după deconectare şi prin aceasta la reducerea sau chiar eliminarea erorilor ce ar rezulta din variaţiile de tensiune [1], [9].

Formula analitică duce la rezultate exacte, ceea ce a făcut ca ea să fie de multe ori adoptată cu tot volumul mare de informaţii necesare atît asupra momentelor de inerţie ale grupurilor individuale cît şi asupra sarcinii turnante.

Studiul a fost dirijat în sensul folosirii unor metode cît mai puţin costisitoare.

S-a constatat că metodele analitice dau rezultate suficient de exacte pentru marea majoritate a cazurilor practice.

Cea mai exactă rămîne în continuare metoda deconectărilor directe, făcută şi mai exactă prin optimizări [1].

În privinţa statismului sau a pantei K, discuţiile sînt deschise. Metoda analitică a fost propusă pentru o nouă serie de încercări la scară internaţională.

Menţionăm folosirea pe scară largă a maşinilor de calcul electronice CIFA atît la problema optimizării condiţiilor de încercare cît şi la analiza statistică a rezultatelor încercărilor [9], [3].

Bibliografie

[1] Dimo, P., Groza, L. şi Moraite, G. *Optimizarea condiţiilor de încercare pentru determinarea parametrilor reţelelor.* Raport nr. 314, CIGRE 1962.

[2] Kirchmayer, L. K. *Economic control of interconnected systems.* New York, London, 1959.

[3] Manea, F., Ionescu S. şi Nicolae, P. *Studiul optimizării reglajului automat al frecvenţei şi puterilor în sistemele electroenergetice cu ajutorul unui calculator analogic.* Raport la sesiunea tehnico-ştiinţifică CAER, Budapesta, 1963.

[4] Delegaţia cehoslovacă la Secţia 4-a a CAER. *Dare de seamă asupra măsurătorilor coeficienţilor de reglaj ai sistemelor energetice ale R.P.U., R.D.G., R.P.P. şi R.S.C.* Praga, 31 august 1961.

[5] Pautin, N. V. şi Sidorov, A. A. *Studiul caracteristicilor sistemelor energetice.* În : Elektriceskie stanţii, nr. 4, 1961.

[6] Priori, L., Reggiani, F. şi Velcich, A. *Determinarea parametrilor caracteristici ai reţelei Edison.* În : Energia Elettrica nr. 3, 1959.

[7] Davies, M., Moran, F. şi Bird, J. I. *Power/ Frequency characteristic of the British Grid System.* În : Proceedings of I.E.E., part. A, nr. 26, aprilie 1959.

[8] Robert, R., Cahen, F. şi Favez, B. *La détermination expérimentale du temps de lancer d'un réseau.* În : RGE nr. 10, 1956.

[9] Dimo, P. *Timpul de lansare al unei reţele.* În : RGE nr. 9, 1961.

[10] Marcovici, I. M. *Regimurile sistemelor electroenergetice.* Gosenergoizdat, 1957.

[11] Moskalev, A. G. *Avtomaticeskaia ceastotnaia razgruzka energheticeskih sistem.* Gosenergoizdat, 1959.

[12] Gaden, D., Dejou, A., Greselin, E. ş.a. CIGRE 1958, vol. I, p. 672–707.

[13] Groza, L. *Utilizarea maşinilor cifrice în probleme de stabilitate şi reglaj.* În : Energetica nr. 8, 1960.

[14] Cahen, F. şi Dejou, A. *Le contrôle automatique de la marche en parallèle de très vastes ensembles d'interconnexion.* În : Bulletin SFE, nr. 92, 1958.

[15] Cohn, N. *Some Aspects of Tie-Line Bias Control of Interconnected Power Systems.* În : Power Apparatus and Systems, nr. 29, 1957.

[16] Greselin, E. şi Saccomano, A. *Influenţa caracteristicilor reţelelor şi a sistemelor de reglaj asupra menţinerii frecvenţei şi a puterilor de schimb.* CIGRE 1960, Raport 320.

[17] Ronkay, F. *Principii energetice de bază ale regulatorului frecvenţă-putere elaborat de Villenki.* În : Electrotehnica nr. 2–3, 1960.

[18] Uzsoky, M. *Alegerea parametrilor de transfer în cadrul reglajului frecvenţă-putere.* În : Electrotehnica nr. 2–3, 1960.

Stabilirea coeficienţilor optimi de siguranţă pentru liniile electrice aeriene

Conf. ing. *EMIL CONSTANTINESCU* şi ing. *SIEGFRIED NUNWEILER*

I. Expunerea metodei de calcul

Dezvoltarea continuă a reţelelor electrice de diferite tensiuni ridică astăzi din ce în ce mai mult problema găsirii unor soluţii cît mai economice, în special pentru construcţia liniilor electrice aeriene. Din acest punct de vedere, pentru o corectă apreciere a economicităţii unei soluţii, este evident necesar să se ia în considerare atît cheltuielile de investiţii iniţiale pentru construirea liniei cît şi cheltuielile care se fac în fiecare an, pe întreaga durată de viaţă a liniei, pentru exploatare, pentru repararea avariilor care intervin din cînd în cînd şi pentru acoperirea pagubelor pe care le suportă consumatorii în timpul avariilor, ca urmare a întreruperii alimentării.

În general, la proiectarea unei linii există două tendinţe contradictorii :

— construirea unei linii foarte puternice din punct de vedere mecanic şi electric, care va rezista la cele mai mari solicitări ce pot să apară, cu investiţii iniţiale ridicate, dar cu cheltuieli ulterioare, datorite avariilor, foarte reduse ;

— construirea unei linii uşoare, şi deci puţin costisitoare, dar care va fi expusă la posibilităţi frecvente de avariere şi al cărei cost de exploatare va fi în consecinţă ridicat.

Soluţia optimă trebuie să fie căutată între aceste două limite extreme şi va corespunde valorii minime a unei expresii de forma :

$$E = \alpha_0 C_0 + \sum \alpha_i C_i \qquad (1)$$

unde C_0 sînt investiţii iniţiale, C_i cheltuielile anuale totale, după cum au fost definite mai sus, iar α — coeficienţi de reducere a cheltuielilor, ca urmare a efectuării lor în ani diferiţi, suma fiind extinsă la întreaga durată de viaţă a liniei.

Prescripţiile şi metodele actuale folosite pentru dimensionarea liniilor electrice aeriene nu permit să se determine ştiinţific, între extremele citate mai sus, soluţia optimă, ţinînd seamă de condiţiile economice generale specifice, valabile în timpul construcţiei şi exploatării liniei respective. În scopul remedierii acestei situaţii, în cadrul sesiunii CIGRE 1960 s-a prezentat un raport [1] în care sînt expuse principiile unei metode noi de dimensionare a liniilor, bazată în fond pe găsirea minimului expresiei (1).

În acest scop se ţine seama de posibilitatea de producere a anumitor avarii, în funcţie de probabilitatea de apariţie a diferitelor tipuri de solicitări şi de caracteristicile materialelor folosite pentru construcţia liniilor. Se ajunge astfel în final la determinarea unor coeficienţi de siguranţă economici, care conduc la cheltuieli totale minime pe întreaga durată de viaţă a liniei şi care urmează să înlocuiască coeficienţii de siguranţă prevăzuţi în prescripţiile actuale şi stabiliţi mai mult sau mai puţin arbitrar şi în orice caz pe considerente mult mai puţin riguroase din punct de vedere tehnic şi economic.

Funcţia (1) se poate scrie, în aceste condiţii, astfel :

$$E(t_c, t_s) = L(1+r)^D f(t_c, t_s) + (1+r)^{t_c} \frac{(1+r)^{D-t_c} - 1}{(1+r)^{t_c} - 1} [\lambda_c l_c f(t_c, t_s) + aW_c] + (1+r)^{t_s} \frac{(1+r)^{D-t_s} - 1}{(1+r)^{t_s} - 1} [\lambda_s l_s f(t_c, t_s) + aW_s]. \qquad (2)$$

Primul termen al relaţiei (2) cuprinde investiţiile iniţiale necesare construcţiei unei linii cu o lungime de L km, cît şi venitul naţional mediu pe care l-ar aduce această investiţie în D ani.

Al doilea termen al relaţiei (2) cuprinde cheltuielile de reparaţii, pierderea de venit naţional şi pagubele produse prin nelivrarea energiei electrice în timpul avariilor, pe toată durata de viaţă a liniei, din cauza avariilor conductoarelor.

Al treilea termen al relaţiei (2) cuprinde aceleaşi cheltuieli ca termenul al doilea, însă cauzate de avariile suporţilor.

S-au folosit următoarele notaţii :

t_c, t_s — intervalul de timp, exprimat în ani, la care se produce o avarie a conductoarelor, respectiv a suporţilor liniei ;

$E(t_c, t_s)$ — suma tuturor cheltuielilor efectuate de la construirea liniei şi pînă la desfiinţarea ei, cheltuieli a căror valoare, în condiţii climatice date, depinde de t_c şi t_s, după cum se construieşte o linie mai tare sau mai uşoară.

L — lungimea totală a liniei respective, exprimată în km ;

D — durata convenţională de viaţă a liniei, exprimată în ani ;

l_c — lungimea de linie exprimată în km, pe care se extinde de obicei o avarie a conductoarelor ;

l_s — idem, pentru o avarie a suporţilor ;

W_c — energia electrică, exprimată în kWh, nelivrată consumatorilor în timpul unei avarii a conductoarelor ;

W_s — idem, pentru o avarie a suporţilor ;

a — pagubele, exprimate în lei, produse prin nelivrarea către consumatori în timpul avariilor liniei, a unei kWh ;

λ_c — raportul dintre cheltuielile necesare pentru repararea unui km de linie în urma unei avarii a conductoarelor şi cheltuielile de investiţii iniţiale pe un km de linie ;

λ_s — idem, pentru o avarie a suporţilor ;

r — indice de eficacitate economică.

Soluţia optimă, adică minimul funcţiei E, rezultă pentru o anumită pereche de valori t_c, t_s.

Această metodă de calcul a fost folosită pentru a se verifica economicitatea dimensionării liniilor de 15 kV din Cîmpia Dunării, construite pe suporţi din beton armat centrifugat cu fundaţii burate, echipate cu conductoare de oţel — aluminiu 35 mm² şi izolatoare suport HD-15.

II. Valorile admise pentru parametri

Pentru diferiţii parametri care intervin în relaţia (2) s-au stabilit valori corespunzătoare liniilor de 15 kV din regiunea considerată. Întrucît pentru o serie din aceşti parametri este greu de apreciat o valoare sigură, în calcule s-au luat în considerare, în aceste cazuri, mai multe valori, acoperind o plajc în interiorul căreia se găseşte sigur valoarea reală. În consecinţă au fost adoptate următoarele cifre :

L = 10 km (lungimea medie a liniilor de 15 kV) ;
D = 25 ani (durata medie de viaţă a acestor linii) ;
l_c = 2 şi 5 km ; l_s = 2 şi 5 km (se consideră deci că avaria se extinde pe 20 %, respectiv 50 % din lungimea liniei) ;
W_c = 10 000 şi 20 000 kWh ;
W_s = 30 000 şi 60 000 kWh ;
a = 0,5 ; 1,0 ; 1,5 şi 3 lei/kWh ;
r = 0,1 (indicele considerat valabil pentru R.P.R.).

Pentru a putea calcula costul unui kilometru de linie corespunzător diferitelor valori ale variabilelor t_c şi t_s, este necesar să cunoaştem frecvenţa de apariţie a diferitelor solicitări date de vînt şi chiciură. Pe baza înregistrărilor făcute pînă în prezent de către Institutul meteorologic şi de către întreprinderile de exploatare a liniilor aeriene de energie şi de telecomunicaţii, pentru Cîmpia Dunării, s-au putut trasa curbele din figurile 1 şi 2, care reprezintă de fapt probabilitatea de apariţie a anumitor viteze maxime de vînt, sau perechi de valori maxime pentru vînt simultan cu chiciură.

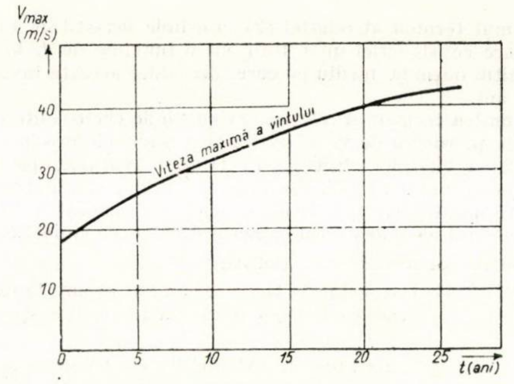


Fig. 1. Frecvenţa vitezei maxime a vîntului ($t = n$ ani înseamnă că valorile respective V_{max} apar odată la n ani).

Avînd determinate condiţiile meteorologice care apar cu o anumită frecvenţă, s-au stabilit ipotezele pentru calculul liniilor, astfel încît conductoarele să se avarieze o dată la t_c ani, iar suporţii o dată la t_s ani. Considerînd că secţiunea şi materialul conductorului sînt fixate pe considerente electrice, iar lungimile stîlpilor de beton de asemenea date din motive de fabricaţie, s-a determinat distanţa între stîlpi în funcţie de săgeata conductoarelor pentru diferite mărimi ale sarcinilor meteorologice. Cunoscînd astfel toate elementele care intervin în calculul investiţiilor iniţiale, s-a determinat $f(t_c, t_s)$, adică costul unui kilometru de linie, în funcţie de probabilitatea de avarie a conductoarelor şi a suporţilor. De asemenea s-au stabilit valorile parametrilor λ_c şi λ_s.

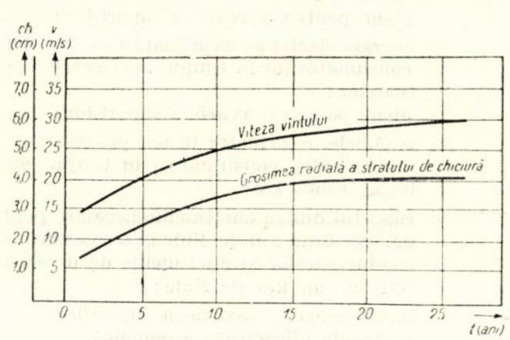


Fig. 2. Frecvenţa vitezei vîntului şi a grosimii chiciurii (acţionînd simultan).

Ipotezele de calcul şi rezultatele obţinute pentru diferitele perechi de valori t_c şi t_s sînt cuprinse în tabela 1.

III. Rezultate obţinute

Avînd determinate valorile parametrilor cît şi $f(t_c, t_s)$, λ_c şi λ_s, s-a trecut la calculul valorii $E(t_c, t_s)$, adică la stabilirea sumei tuturor cheltuielilor efectuate de la construirea liniei şi pînă la desfiinţarea ei, conform relaţiei de bază (2). Rezultatele acestor calcule efectuate pentru diferite perechi de valori pentru t_c şi t_s, sînt cuprinse în tabela 2, atît valoric, în lei, cît şi procentual, pentru a permite o comparaţie şi o interpretare mai uşoară.

La poziţia 1 din tabela 2 sînt trecute rezultatele în cazul unei linii cu caracteristicile medii (lungime, durată etc.), trecute în coloana 2.

Pentru celelalte poziţii (2...7) s-a schimbat numai valoarea unui singur parametru, ceilalţi parametri avînd valoarea indicată la poziţia 1. În acest fel s-a putut urmări influenţa variaţiei acestor parametri faţă de rezultatele obţinute cu parametrii de la poziţia 1.

Deşi calculele respective sînt laborioase, ele au fost foarte mult uşurate prin folosirea maşinii electronice CIFA-2.

IV. Interpretarea rezultatelor

Analizînd rezultatele conţinute în tabela 2, se pot trage următoarele concluzii :

1. Cheltuielile totale minime se obţin practic pentru toate valorile date parametrilor, în cazul cînd linia este dimensionată în aşa fel încît conductoarele să se avarieze odată la 2 ani, iar suporţii o dată la 5 ani (coloana 4). Într-un singur caz cheltuielile minime rezultă pentru altă pereche de valori t_c şi t_s (t_c = 5 ani, t_s = 10 ani) şi anume în cazul cînd a = 3 lei/kWh, adică atunci cînd pagubele produse prin nelivrarea energiei sînt foarte mari (consumatori foarte importanţi).

În acest caz diferenţa faţă de valoarea corespunzătoare pentru t_c = 2 ani, t_s = 5 ani este totuşi mică, de 4 % (vezi poziţia 6, coloana 6).

În toate celelalte cazuri, diferenţa faţă de cheltuielile minime variază între +4 % şi +61 % (vezi coloanele 3, 5, 6, 7 şi 8, care sînt raportate faţă de coloana 4).

Diferenţele cele mai mari se obţin pentru perechea t_c = = 1 an, t_s = 2 ani, adică în cazul cînd avariile sînt foarte dese, cît şi pentru perechea t_c = 10 ani, t_s = 25 ani, adică în cazul cînd avariile sînt foarte rare (conductoarele se rup o dată la 10 ani, iar suporţii nu se rup, deoarece t_s = 25 ani = = D, durata liniei).

Se poate deci afirma că soluţia optimă pentru liniile respective este de a fi dimensionate astfel încît conductoarele să se rupă o dată la 2 ani (vînt 16 m/s şi chiciură 1,7 cm grosime), iar stîlpii — o dată la 5 ani (vînt 20 m/s şi chiciură 2,5 cm grosime).

2. În ce priveşte influenţa variaţiei diverşilor parametri se constată următoarele :

a) Influenţa cea mai mare rezultă din variaţia parametrului a (pagubele produse prin nelivrarea energiei în timpul avariilor). Diferenţele maxime faţă de cazul mediu (poz. 1) variază între −14 % şi +55 % pentru avariile dese şi descresc în cazul avariilor rare.

b) Al doilea parametru ca importanţă este lungimea liniei avariate, care poate afecta cheltuielile totale cu un spor mergînd pînă la 37 %. Importanţa acestui parametru scade cu cît avariile sînt mai rare.

3. Se constată că în realitate condiţia ca suporţii să se rupă o dată la 5 ani, la încărcările de vînt şi chiciură respective, este practic echivalentă cu condiţiile prevăzute în actualele prescripţii de linii, corespunzător unui coeficient de siguranţă egal cu 2. În schimb, condiţia de calcul rezultată pentru conductoare (rupere o dată la 2 ani) nu poate fi aplicată, deoarece ar rezulta o frecventă funcţionare a lor peste

limita elastică; acest lucru modifică însă foarte puțin economicitatea soluției, întrucît în zona respectivă a lui l_c variațiile funcției E sînt mici.

pentru linii, întrucît astfel s-ar construi linii prea ușoare, care nu se mai încadrează în domeniul economic determinat prin metoda prezentată.

Tabela 1

Condițiile meteorologice și costul liniilor de 6—15 kV din Cîmpia Dunării

Ipoteza	Timp de avariere	Grosimea chiciurii și viteza vîntului ch (cm)	+ V (m/s)	$f(t_c, t_s)$ (lei/km)	$\lambda_c = \frac{\text{cost reparații conductoare}}{f(t_c, t_s)}$	$\lambda_s = \frac{\text{cost reparații stîlpi}}{f(t_c, t_s)}$
I	$t_c = 1$ an $t_s = 2$ ani	1,5 1,7	14 16	36 000	$\frac{500}{36\,000}$	$\frac{22\,000}{36\,000}$
II	$t_c = 2$ ani $t_s = 5$ ani	1,7 2,5	16 20	42 000	$\frac{500}{42\,000}$	$\frac{25\,000}{42\,000}$
III	$t_c = 5$ ani $t_s = 5$ ani	2,5 2,5	20 20	50 000	$\frac{500}{50\,000}$	$\frac{30\,000}{50\,000}$
IV	$t_c = 5$ ani $t_s = 10$ ani	2,5 3,5	20 25	60 000	$\frac{500}{60\,000}$	$\frac{36\,000}{60\,000}$
V	$t_c = 10$ ani $t_s = 10$ ani	3,5 3,5	25 25	68 000	$\frac{500}{68\,000}$	$\frac{41\,000}{68\,000}$
VI	$t_c = 10$ ani $t_s = 25$ ani	3,5 4,0	25 30	80 000	$\frac{500}{80\,000}$	$\frac{48\,000}{80\,000}$

Tabela 2

Calculul valorii E (t_c, t_s) = suma tuturor cheltuielilor efectuate de la construirea liniei și pînă la desființarea ei, pentru LEA de 6—15 kV pe stîlpi de beton

Poz.	Condiții meteorologice / Caracteristicile liniei	Ipoteza I $t_c = 1$ an $t_s = 2$ ani	Ipoteza II $t_c = 2$ ani $t_s = 5$ ani	Ipoteza III $t_c = 5$ ani $t_s = 5$ ani	Ipoteza IV $t_c = 5$ ani $t_s = 10$ ani	Ipoteza V $t_c = 10$ ani $t_s = 10$ ani	Ipoteza VI $t_c = 10$ ani $t_s = 25$ ani
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$L = 10$ km $D = 25$ ani $l_c = 2$ km $l_s = 2$ km $W_c = 10\,000$ kWh $W_s = 30\,000$ kWh $a = 1$ leu/kWh $r = 0{,}10$	8 380 000 lei 133 %	6 264 000 lei 100 %	6 964 000 lei 111 %	7 192 000 lei 115 %	8 015 000 lei 128 %	8 737 000 lei 140 %
2	$W_c = 20\,000$ kWh	9 350 000 lei 139 %	6 722 000 lei 100 %	7 097 000 lei 106 %	7 343 000 lei 109 %	8 066 000 lei 120 %	8 788 000 lei 131 %
3	$W_s = 60\,000$ kWh	9 740 000 lei 145 %	6 714 000 lei 100 %	7 406 000 lei 110 %	7 346 000 lei 109 %	8 169 000 lei 122 %	8 737 000 lei 130 %
4	$a = 0{,}5$ lei/kWh	7 194 000 lei 124 %	5 805 000 lei 100 %	6 651 000 lei 114 %	7 041 000 lei 121 %	7 911 000 lei 136 %	8 711 000 lei 150 %
5	$a = 1{,}5$ lei/kWh	9 540 000 lei 142 %	6 722 000 lei 100 %	7 262 000 lei 108 %	7 347 000 lei 109 %	8 119 000 lei 121 %	8 763 000 lei 131 %
6	$a = 3$ lei/kWh	13 070 000 lei 161 %	8 090 000 lei 100%	8 160 000 lei 101%	7 789 000 lei 96%	8 430 000 lei 104 %	8 840 000 lei 109 %
7	$l_c = 5$ km $l_s = 5$ km	11 550 000 lei 154 %	7 463 000 lei 100 %	8 339 000 lei 112 %	7 769 000 lei 104 %	8 655 000 lei 116 %	8 745 000 lei 117 %

Față de aceste constatări s-a propus ca prevederile actualelor prescripții să nu fie modificate pentru liniile de 15 kV din regiunea respectivă, deși, după cum se știe, datorită unor condiții atmosferice excepționale, în iarna 1961—1962 s-au produs numeroase avarii. În schimb s-a propus să se renunțe la reducerea cu 20 % a presiunii vîntului pe liniile cu suporți mai scurți de 15 m, prevăzută în ediția 1960 a prescripțiilor

Bibliografie

[1] Constantinescu, E. și Borza, N. *Etude sur la détermination des coefficients économiques de sécurité des lignes électriques aériennes.* Rap. 220, CIGRE, 1960.

[2] Paris, L. *Considerazioni sulle teorie probabilistiche della sicurezza delle opere di ingegneria* În: *En.* Elettrica **39** (1962), nr. 5, p. 393—404.

Unele aspecte ale protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de foarte înaltă tensiune

Ing. *D. MARK*

Liniile de înaltă şi foarte înaltă tensiune, arterele prin care circulă mare parte din energia electrică produsă, sînt în acelaşi timp şi elementele cele mai expuse la avariere. Acest lucru îl dovedesc cu prisosinţă statisticile de avarii întocmite în diverse ţări.

În cadrul CIGRE 1962 au fost prezentate date statistice, furnizate de 10 ţări, asupra comportării liniilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune. Din aceste date rezultă că procentul cel mai mare de declanşări a liniilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune se datoreşte supratensiunilor atmosferice. Într-adevăr, pentru linii cu simplu circuit declanşările datorite supratensiunilor au reprezentat 90 %, iar pentru linii cu dublu circuit — 62 % din totalul declanşărilor.

În articolul de faţă se analizează eficacitatea protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice realizate pe porţiunea de pe teritoriul R.P.R., a liniei de 400 kV Luduş — Mucacevo — Lemeşany.

Asigurarea funcţionării continue a liniilor de transport de înaltă tensiune este mult influenţată de modul de protecţie a liniei împotriva supratensiunilor atmosferice. Încă nu de mult concepţia generală cu privire la protecţia liniilor împotriva supratensiunilor atmosferice indica o diminuare a efectelor loviturilor de trăsnet în linii o dată cu creşterea tensiunii de exploatare a acestora. Această concepţie izvora dintr-un raţionament simplist. La prima vedere se pare că o dată cu creşterea tensiunii nominale a liniei, deci şi a izolaţiei acesteia, supratensiunile atmosferice ajung să fie de acelaşi ordin de mărime ca şi supratensiunile interne, şi deci izolaţia liniei va suporta fără dificultăţi aceste supratensiuni.

După punerea în funcţiune a primelor linii de foarte înaltă tensiune, experienţa de exploatare a acestora a arătat că numărul declanşărilor datorite supratensiunilor atmosferice este foarte mare în raport cu cel teoretic calculat. Surprizele cele mai mari au apărut la linia de 345 kV din S.U.A., care, în primul an de funcţionare, a avut de 20 de ori mai multe declanşări decît cele determinate prin calcul, şi anume : faţă de numărul de deconectări de 0,2 la 100 km şi 45 zile de furtună pe an, cît reieşea din calcul, linia a avut patru declanşări pe 100 km raportate la un indice keraunic de 45 zile de furtună pe an [2], [3]. Discordanţa mare dintre rezultatele obţinute prin calcul asupra eficacităţii protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice şi rezultatele din exploatare a dus la concluzia că ipotezele de calcul luate în considerare pînă în prezent neglijează anumiţi factori, care influenţează protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de foarte înaltă tensiune într-o măsură mai mare.

Elementele componente ale protecţiei liniilor împotriva supratensiunilor atmosferice sînt :

— conductorul de protecţie şi
— priza de legare la pămînt.

Elementele care pot influenţa comportarea liniei la supratensiuni atmosferice sînt următoarele :

— inductanţa stîlpului ;
— tensiunea indusă pe conductoarele active ;
— tensiunea de serviciu a liniei ;
— izolaţia liniei ;
— caracteristicile loviturii de trăsnet.

În cele ce urmează se analizează influenţa fiecăruia dintre factorii menţionaţi mai sus asupra protecţiei liniei, stabilindu-se o metodologie de calcul care să ţină seamă de influenţele respective.

Specialiştii din S.U.A. [4], [5], [6] au apreciat că metodologia utilizată pînă acum neglija influenţa inductanţei stîlpului, care, după cum este cunoscut, creşte proporţional cu înălţimea stîlpului. Influenţa inductanţei stîlpului intervine concomitent cu influenţa rezistenţei prizei de legare la pămînt, determinînd împreună, în cazul loviturii de trăsnet în stîlp sau în conductoarele de protecţie, nivelul supratensiunii în vîrful stîlpului. Evident, tensiunea pe stîlp depinde, în acest caz, şi de forma undei loviturii de trăsnet (componenta inductivă). În practica mai multor ţări şi în prescripţiile din R.P.R., la determinarea supratensiunilor în cazul loviturii de trăsnet în stîlp, forma undei de trăsnet este considerată cosinusoidală [7], [8], [9]. În realitate, oscilogramele obţinute în ultimii ani arată că majoritatea loviturilor de trăsnet cu amplitudine mare au un front mult diferit de cel luat în calcul şi, ca urmare, ar fi mai indicat să se considere un front cu variaţie liniară cu lungimea de 2 μs. În acest caz nu ar mai exista posibilitatea subaprecierii influenţei inductanţei stîlpilor. Dar chiar şi în aceste ipoteze, influenţa inductanţei stîlpului, aşa cum s-a dovedit, nu este determinantă şi nu explică diferenţa dintre numărul real de declanşări şi cel calculat.

În prezenta lucrare s-a determinat tensiunea pe stîlp pornind de la formula :

$$U_{st} = I_0 (\varkappa R_i + 0{,}5\, \varkappa^2 L), \tag{1}$$

unde :

I_0 este amplitudinea de calcul a curentului de trăsnet, kA (adică considerînd că obiectivul lovit este legat la pămînt printr-o rezistenţă şi inductanţă practic nulă) ;
R_i — rezistenţa de impuls a prizei de legare la pămînt, ohmi ;
L — inductanţa stîlpului pînă la punctul de prindere al conductoarelor, μ henry ;
$\varkappa$ — coeficientul de refracţie a undei de curent în vîrful stîlpului.

Inductanţa stîlpului s-a calculat pe baza formulei empirice verificată în practică, $L = 0{,}5\, h$, în μ henry, unde h este înălţimea pînă la punctul de prindere al conductorului, în metri. Coeficientul de refracţie s-a calculat după formula : $\varkappa = \dfrac{Z_{ech}}{Z_{ech} + R_i}$, unde Z_{ech} este impedanţa de undă (caracteristică) echivalentă în vîrful stîlpului, obţinută prin gruparea în paralel a impedanţelor de undă, a conductoarelor de protecţie şi a canalului de trăsnet.

Această formulă dă rezultate satisfăcătoare şi este recomandată în literatura de specialitate [10], [11], [12].

Tensiunea indusă pe conductoarele active are şi ea o influenţă apreciabilă, însă nu există, pînă în prezent, date statistice certe asupra valorii tensiunii induse. Din această cauză s-a folosit formula din Instrucţiunea nr. 96/1962 a M.M.E.E. [8], cu extrapolare pentru stîlpi înalţi.

Această formulă dă valoarea tensiunii induse cu neglijarea efectului de ecranare dat de conductoarele de protecţie, deci rezultatele obţinute vor fi într-o oarecare măsură acoperitoare.

$$U_{ind} = h_{med} \, (10 + 0{,}1\, I_0), \tag{2}$$

unde :

U_{ind} este amplitudinea tensiunii induse pe conductoarele active de lovitura de trăsnet, kV ;
h_{med} — înălţimea medie a conductorului deasupra solului, m ;
I_0 — amplitudinea curentului de calcul al trăsnetului, kA.

În metodologia obişnuită de calcul al protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de înaltă tensiune se face abstracţie de existenţa tensiunii de serviciu pe conductoare. Această neglijare poate fi făcută în cazul liniilor cu tensiuni pînă la 220 kV, deoarece tensiunea de serviciu reprezintă o valoare foarte mică din tensiunea de conturnare la impuls a lanţului de izolatoare. (De exemplu, pentru tensiunea de 110 kV, lanţul de izolatoare, format din şapte elemente IC–4, are tensiunea minimă de conturnare de circa 800 kV, deci tensiunea de serviciu reprezintă circa 11 % din tensiunea minimă de conturnare).

În cazul liniilor de foarte înaltă tensiune, avînd în vedere nivelele de tensiune alese pentru izolaţia liniei, tensiunea de serviciu reprezintă 15–20% din tensiunea de conturnare la impuls a lanţului de izolatoare. Avînd în vedere faptul că, în cazul loviturii de trăsnet în linie, cel puţin pe una din faze tensiunea de serviciu poate fi în opoziţie cu tensiunea de impuls rezultată datorită loviturii de trăsnet, este necesar a se ţine seamă, la determinarea tensiunii de conturnare a lanţului, de influenţa tensiunii de serviciu.

Deci :

$$U_{c_2} = U_{st} + U_{ind}\,(1 - k) + U_s, \tag{3}$$

unde :

U_{c_2} este tensiunea de conturnare a lanţului la timpul $t = 2\mu s$;
U_{st} – tensiunea pe stîlp, calculată cu formula (1);
U_{ind} – tensiunea indusă, calculată cu formula (2);
U_s – amplitudinea tensiunii de serviciu a liniei pe fază, kV;
k – coeficientul de cuplaj între conductoarele active şi cele de protecţie în regim de coronare de impuls a acestora. k se consideră, conform instrucţiunilor, egal cu coeficientul de ecranare al conductoarelor de protecţie pentru tensiunile induse.

Înlocuind în formula (3) valorile din formulele (1) şi (2) se obţine expresia curentului I_0, respectiv nivelul de protecţie al liniei, exprimat în kA.

$$I_0 = \frac{U_{c2} - U_s - 10\,h_{med}\,(1 - k)}{(\varkappa R_i + 0{,}25\,\varkappa^2 h + 0{,}1\,h_{med})\,(1 - k)}. \tag{4}$$

Deci nivelul de protecţie, în kA, a unei linii de foarte înaltă tensiune se poate exprima sub formă similară celei folosite anterior :

$$I_0 = \frac{U_{ech}}{Z\,(1 - k)}, \tag{4'}$$

în care $U_{ech} = U_{c_2} - U_s - 10\,h_{med}\,(1 - k)$ şi $Z = \varkappa R_i + 0{,}25\,\varkappa^2 h + 0{,}1\,h_{med}$ reprezintă o tensiune şi o impedanţă echivalentă care ţine seamă de toţi factorii analizaţi în cazul loviturii de trăsnet în vîrful stîlpului.

Ultimul element care mai trebuie analizat este caracteristica loviturii de trăsnet.

În metodologia de pînă acum, trăsnetul intervine sub forma undei de curent şi tensiune, care se deplasează cu viteza luminii pe canalul de trăsnet, considerat ca un conductor cu impedanţă de undă (caracteristică) constantă Z_0.

Unii autori [6], [13] consideră că prezentarea sub această formă a loviturii de trăsnet nu reflectă suficient de exact procesele fizice care au loc în diversele stadii ale loviturii şi ar fi necesară schimbarea radicală a metodologiei de calcul adoptate, ţinînd seamă de variaţia cîmpului electromagnetic al canalului de lider şi a descărcării principale. Încercările de stabilire a caracteristicilor loviturii la trăsnet pe această cale au un caracter teoretic mai riguros, reprezentînd mai bine fenomenul fizic, însă necesită calcule foarte laborioase. Ipotezele de calcul, în acest caz, sînt următoarele :

1. Înainte de a se forma lovitura inversă, lovitura directă distribuie în canalul trăsnetului o serie de sarcini negative. Deoarece procesul respectiv este relativ lent, cîmpul poate fi privit ca electrostatic. Aceste sarcini iniţiale sînt astfel distribuite, încît toate părţile metalice au acelaşi potenţial.

2. La timpul $t = 0$, lovitura de întoarcere, pozitivă ca sarcină, se propagă din punctul unde linia a fost lovită în sus, de-a lungul canalului de descărcare, anulînd sarcinile negative. Unda de curent negativă corespunzătoare se propagă în jos, distribuindu-se între stîlpi şi conductorul de protecţie.

3. Lovitura de întoarcere are o viteză de propagare mult mai mică decît viteza luminii. Undele care apar pe părţile metalice ale structurilor se propagă cu viteza luminii, sau dacă apare fenomenul corona, cu o viteză ceva mai mică,

4. Toate undele de curent au o formă dreptunghiulară sau panta frontului infinită, urmată de o valoare de curent constantă.

5. Toate undele de curent se propagă cu viteză constantă, neconsiderîndu-se nici o atenuare sau distorsiune.

6. Canalul trăsnetului se presupune că are o impedanţă infinită, aşa încît reflexiile curentului la vîrful stîlpului nu au nici un efect asupra curentului din canalul de descărcare.

Pentru a stabili ecuaţiile pe care se bazează noua teorie se pleacă de la ecuaţiile lui Maxwell. Prin transformări succesive şi alegerea adecvată a contururilor de integrare, se exprimă intensitatea cîmpului electric, în funcţie de potenţialul vector şi potenţialul scalar.

$$\bar{E} = -\nabla V - \frac{\partial A}{\partial t}. \tag{5}$$

Pornind de la aceste relaţii, s-a făcut un calcul comparativ între metoda propusă şi metoda clasică a propagării sub formă de undă a trăsnetului. Rezultatele obţinute sînt redate în figura 1 [14].

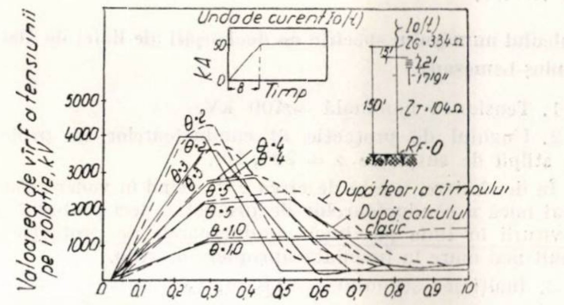


Fig. 1. Comparaţie între teoria cîmpului şi a undelor călătoare pentru diferite unde de curent şi un stîlp de 45 m.

Din această comparaţie rezultă că diferenţele între nivelul supratensiunilor calculate după teoria cîmpului şi cele calculate după teoria undelor sînt mici şi nu pot fi considerate cauza neconcordanţei între valorile de calcul şi cele din exploatare.

Alţi cercetători [15] au încercat să studieze mecanismul loviturii de trăsnet în conductoarele active la liniile echipate cu conductoare de protecţie.

Probabilitatea loviturii de trăsnet în conductorul activ se calculează pe baza unei formule empirice, în funcţie de unghiul de ecranare a conductorului de protecţie. Această formulă, adoptată şi în instrucţiunile din R.P.R.; nu ţine seamă de înălţimea structurii protejate. Pe de altă parte însă, tot în instrucţiunile de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice a instalaţiilor electrice, în capitolul privind calculul zonei de protecţie a paratrăsnetelor verticale, se arată că formula pentru determinarea zonei de protecţie a unui paratrăsnet vertical este valabilă numai pentru paratrăsnete pînă la 30 m înălţime. La paratrăsnete mai înalte, această zonă este mai mică, şi se recomandă o altă formulă, în care intervine un coeficient $p = \frac{5{,}5}{\sqrt{h}}$.

Liniile construite pentru tensiuni pînă la 220 kV, în general, nu depăşeau înălţimea de 30 m de suspendare deasupra solului. Din această cauză, calculele cu formulele cunoscute nu conduceau la diferenţe apreciabile faţă de datele din exploatare. O dată cu apariţia liniilor de foarte înaltă tensiune trebuie analizată şi influenţa înălţimii liniei asupra efectului de ecranare a conductoarelor active şi, în acest mod, se poate aduce un corectiv metodei de calcul cunoscute.

Kostenko, Polovoi şi Rozenfeld [15] au propus să se ia în considerare înălţimea stîlpului, la determinarea probabilității loviturii de trăsnet direct în conductoarele active, printr-un corectiv asemănător celui de la calculul zonelor de protecție a paratrăsnetelor verticale.

Această formulă are expresia:

$$\lg \psi = \frac{\alpha}{20}\sqrt{\frac{h_0}{h_{in}}} - 4, \qquad (6)$$

unde h_0 este înălțimea stîlpului pînă la conductoarele de protecție, iar h_{in} — înălțimea medie pentru care s-a obținut formula empirică.

Se consideră că această formulă este mai exactă decît cea din instrucțiuni și, ca urmare, ea a fost folosită în lucrarea de față.

Numărul de lovituri de trăsnet care cad pe linie s-a determinat pe baza formulelor din instrucțiunile în vigoare. Față de instrucțiuni s-a făcut doar o modificare, recalculîndu-se numărul de lovituri în linie pentru un indice keraunic de 100, avînd în vedere că, în ultimul timp, au apărut în literatură date statistice de exploatare a liniilor de înaltă și foarte înaltă tensiune, din alte țări, raportate la 100 zile de furtună pe an.

În acest fel s-a putut da o apreciere comparativă a protecției împotriva supratensiunilor atmosferice a liniei noastre de 400 kV.

Calculul numărului specific de declanșări ale liniei de 400 kV Luduș-Lemeșany

1. Tensiunea nominală = 400 kV.

2. Unghiul de protecție al conductoarelor de protecție la stîlpii de susținere $\alpha = 29°, 10'$.

În deschidere, α este de circa 23°, avînd în vedere săgeata mai mică a conductoarelor de protecție, deci probabilitatea loviturii în linie pe lîngă conductoarele de protecție este mult mai mare în imediata apropiere de stîlp.

3. Înălțimea stîlpului = 32,5 m.

4. Rezistența prizelor de legare la pămînt în regim de impuls:

$R_i = \alpha_i R_{50\,\mathrm{Hz}}$ nu mai mare de 5 Ω (conform cu proiectul liniei).

5. Tensiunea minimă de conturnare la impuls a lanțului de izolatoare: $U_{min} = 1830$ kV (conform datelor izolatoarelor).

6. Coeficientul de cuplaj în regim corona de impuls. La dispoziția în plan a conductoarelor, faza extremă se află în situația cea mai expusă. Pentru acest conductor, pe baza nomogramei din instrucțiunea 96—1962 [8], rezultă valorile:

$$K_{31} = 0{,}16 \cdot K_{32} = 0{,}085 \cdot K_{21} = 0{,}149.$$

Coeficientul pentru corona de impuls se calculează cu formula:

$$\lambda \cong 1{,}32\left(1 + \frac{2\,U_{c_2}}{h_m(1-k)}\right). \qquad (7)$$

În formulă, h_m este înălțimea medie de suspensie a conductorului de protecție.

$$h_m = h_{st} - \frac{2}{3} f_m = 32{,}5 - \frac{2}{3}\,13{,}90 = 23{,}25 \text{ m}. \qquad (8)$$

U_{c_2} este tensiunea de conturnare a lanțului la timpul $t = 2$ μs:

$$U_{c_2} = 2685 \text{ kV}.$$

k este coeficientul de cuplaj. k fiind funcție de λ, în primă aproximație s-a luat egal cu 0,3 (o valoare medie). În cazul cînd k diferă mult de această valoare, se reface calculul din aproape în aproape.

$$\lambda = 1{,}32\left(1 + \frac{2}{23{,}25}\cdot\frac{2685}{0{,}7}\right) = 1{,}75. \qquad (7)$$

Rezultă în primă aproximație:

$$k = \frac{K_{31} + K_{32}}{\frac{1}{\lambda} + K_{21}} = \frac{0{,}16 + 0{,}085}{\frac{1}{1{,}75} + 0{,}149} = 0{,}339. \qquad (9)$$

Se recalculează coeficientul λ pentru $k = 0{,}339$:

$$\lambda = 1{,}32\left(1 + \frac{2}{23{,}25}\cdot\frac{2685}{0{,}661}\right) = 1{,}78. \qquad (7')$$

Înlocuind această valoare în relația (9), se obține:

$$k = \frac{0{,}245}{0{,}711} = 0{,}344. \qquad (9')$$

Recalculînd din aproape în aproape, se obține pentru k valoarea:

$$k = 0{,}346.$$

7. Probabilitatea trecerii conturnării de impuls în arc electric se determină cu formula empirică:

$$\psi_i\,\% = 1{,}6\,E_m - 6 = 76\,\%, \qquad (10)$$

în care E_m este gradientul mediu pe drumul de conturnare și rezultă din relația:

$$E_m = \frac{U_n}{\sqrt{3}\,l_{iz}} = \frac{400}{1{,}73 \cdot 4{,}5} = 51 \text{ kV/m}, \qquad (11)$$

unde U_n este tensiunea nominală, iar

l_{iz} — lungimea lanțului de izolatoare.

8. Tensiunea echivalentă la lovitura de trăsnet în vîrful stîlpului:

$$U_{ech} = U_{c_2} - U_s - 10\,h_{m_{ca}}(1 - k);$$

în care $h_{m_{ca}}$ este înălțimea medie de suspendare a conductoarelor active = 14,7 m.

$$U_{ech} = 2685 - \frac{400\sqrt{2}}{\sqrt{3}} - 10\cdot 14{,}7\,(1 - 0{,}346) = 2266 \text{ kV}.$$

9. Impedanța echivalentă la lovitura de trăsnet în stîlp:

$$Z = (\varkappa R_i + 0{,}25\,\varkappa^2 h_c + 0{,}1\,h_{m_{ca}}).$$

Se calculează valorile care intră în formulă:

$$R_i = 5\,\Omega;\ h_c = 25{,}5 \text{ m}.$$

$$Z_{ech} = \frac{\frac{Z_{cp}}{2}\cdot Z_{tr}}{\frac{Z_{cp}}{2} + Z_{tr}} = \frac{\frac{600}{2}\cdot 300}{\frac{600}{2} + 300} = 150\ \Omega.$$

$$\varkappa = \frac{Z_{ech}}{Z_{ech} + R_i} = \frac{150}{155} = 0{,}97.$$

Deci $Z = (0{,}97.5 + 0{,}25.0{,}97^2 \cdot 25{,}5 + 0{,}1.14{,}7) = 12{,}32$.

Se constată influența mare pe care o are componenta inductivă a căderii de tensiune pe stîlp.

Impedanța echivalentă este de peste două ori mai mare decît rezistența la impuls a prizei de legare la pămînt.

10. Nivelul de protecție a liniei la lovitura de trăsnet în vîrful stîlpului:

$$I_0 = \frac{U_{ech}}{Z(1-k)} = \frac{2266}{12{,}32\,(1 - 0{,}346)} = 281 \text{ kA}.$$

Acest nivel este foarte bun avînd în vedere că lovituri de trăsnet cu amplitudini peste 200 kA au fost înregistrate extrem de rar. Probabilitatea declanşărilor datorită loviturii de trăsnet în stîlp se determină cu formula empirică :

$$\lg(\psi_I\%) = 2 - \frac{I}{60} = 2 - \frac{281}{60} = -2,7 = \bar{3},3 \qquad (12)$$

$$\psi_I\% = 0,002$$

11. Numărul de declanşări probabile pe 100 km de linie şi 100 zile de furtună pe an, datorite conturnărilor inverse la lovitura directă de trăsnet în vîrful stîlpului [8], [15] :

$$N_{ci} = N_{ltr}\,\psi_i \cdot \psi_I = 1,8\,h_{mcp}\,\frac{\text{zile}\cdot l}{20.100}\,\psi_i\,\psi_I = 9\,h_{mcp}\,\psi_i\,\psi_I =$$

$$= 32,10^{-5};$$

$$N_{ci} = 0,00032.$$

unde N_{ci} este numărul de conturnări inverse ;

N_{ltr} — numărul de lovituri de trăsnet (se determină cu formula $N_{ltr} = 1,8\,h_{mcp}$.)

12. Probabilitatea loviturii de trăsnet în conductoarele active.

Pentru determinarea influenţei ecranării imperfecte folosim formula propusă în [15] :

$$\lg\psi_e = \frac{\alpha}{20}\sqrt{\frac{h}{h_{in}}} - 4. \qquad (6)$$

În această formulă se introduce un corectiv la formula empirică folosită curent.

$$\lg\psi_e = \frac{\alpha}{20} - 4, \qquad (13)$$

care ţine seamă de înălţimea reală a liniei respective.

Formula (13) a fost dedusă pentru linii de 35—220 kV cu înălţimi variind între 15 şi 29 m.

În formula (6), h_{in} reprezintă înălţimea medie iniţială pentru care s-a calculat formula (13), iar h — înălţimea reală a liniei pentru care se aplică formula. Introducînd valoarea lui h_{in}, formula (6) se scrie :

$$\lg\psi_e = \frac{\alpha\sqrt{h}}{90} - 4 \qquad (6')$$

$$\lg\psi_e = \frac{29,33\sqrt{32,5}}{90} - 4 = 3,86$$

$$\psi_e = 0,00725.$$

Probabilitatea apariţiei unui curent de trăsnet care să ducă la conturnarea izolaţiei în cazul loviturii în linie :

$$\lg(\psi I_c\%) = 2 - \frac{I_c}{60} = 0,247 = 1,753 \qquad (14)$$

$$\psi I_c\% = 56,8\%$$

Curentul I_c se determină din relaţia :

$$I_c = \frac{U_{c\,min}}{Z_{ech\,c}} = \frac{1785}{120} = 14,82 \text{ kA},$$

unde $U_{c\,min}$ este tensiunea minimă de conturnare a lanţului.

$$U_{c\,min} = \frac{U_{c_2}}{1,5} = \frac{2685}{1,5} = 1785 \text{ kV},$$

iar $Z_{ech\,c}$ este impedanţa echivalentă obţinută prin legarea în paralel a impedanţei de undă a canalului de trăsnet şi a conductorului lovit.

$$Z_{ech\,c} = \frac{\frac{Z_c}{2}\,Z_0}{\frac{Z_c}{2} + Z_0} = \frac{200\cdot 300}{500} = 120\ \Omega.$$

Se constată că determinant în numărul de declanşări va fi numărul de lovituri care vor cădea pe conductoarele active.

14. Numărul de declanşări pentru 100 km şi 100 zile de furtună pe an datorită ecranării imperfecte :

$$N_e = N_{ltr}\,\psi_i\,\psi_e\,\psi_{Ic} = 20,9 \cdot 0,76 \cdot 0,00725 \cdot 0,568 = 0,0648.$$

Deci numărul total de declanşări probabile calculate pentru 100 km şi 100 zile de furtună pe an pe linia de 400 kV Luduş-Lemeşany este :

$$N = N_e + N_{ci} = 0,0648 + 0,00032 = 0,06512.$$

Recalculînd acest număr de declanşări pentru indicele keraunic mediu al regiunii prin care trece linia, ne putem aştepta la un număr total de

$$N_t = 0,06512\,\frac{25}{100} = 0,0163 \text{ declanşări pe an şi 100 km.}$$

Presupunînd că şi pe restul liniei se asigură un grad similar de protecţie, ne putem aştepta la un număr extrem de redus de declanşări datorită supratensiunilor atmosferice, respectiv de ordinul unei declanşări la 15 ani.

Este interesant de stabilit unde se situează ca nivel de protecţie linia de 400 kV din R.P.R. faţă de alte linii construite şi exploatate în străinătate. Pentru aceasta în tabela ce urmează se compară cu datele următoarelor linii din alte ţări : linia de 400 kV din U.R.S.S., 380 kV din Suedia, 380 kV din Suedia şi Finlanda, 380 din R.F.G. şi linia de 345 kV din S.U.A. (pe baza datelor din [3] şi [15]).

Ţara	R.P.R.	U.R.S.S.	Suedia	Suedia şi Finlanda	R.F.G.	S.U.A.
Numărul de declanşări calculate	0,0651	0,15	1,5	2,1	12	8,1
Numărul de declanşări reale	—	0,18	1,50	1,9	9	9

Rezultatele calculului dovedesc că prima linie de 400 kV proiectată în R.P.R. este, din punctul de vedere al protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice, la nivelul tehnicii mondiale, prezentînd indici de protecţie teoretici similari cu ai celor mai bune linii construite pînă în prezent la această gamă de tensiuni (345—400 kV).

Bibliografie

[1] Constantinescu, E., Militaru, P., Groza, L., Grof, F. şi Novac, I. *Interconectarea la 400 kV între reţeaua romînească şi cea cehoslovacă.* CIGRE, 1962, Raport nr. 420. În : Energetica nr. 3, 1963, p. 130—137.

[2] Schomann, R. H., Price, W. S., Johnson, I. B. şi Anderson, J. G. *1956 lightning field investigation of the OVEC 345 kV System.* În : Power Apar. and Systems nr. 34, 1958, p. 1447.

[3] Sporn, P., Cahen, F. şi Magnieu, M. *Report on the work of Study Committee nr. 9 on extrahigh voltage A. C. transmissions.* GIGRE 1960, Raport nr. 416.

[4] Wagner, F. C. şi Hileman, R. A. *A new approach to the calculation of lightning performance of transmission lines.* II. În : Trans AIEE **78**, R. III, dec. 1959, p. 996—1021.
[5] Wagner, F. C. şi Hileman, R. A. *A new approach to the calculation of lightning performance of transmission lines. III. A simplified method : Stroke to Tower.* În : Trans. AIEE **79**, P. III, nr. 50, oct. 1960, p. 589—603.
[6] Griscom, S. B. *New lightning flashover theory proposed.* În : Electrical World **155**, nr. 12, martie 1961, p. 64—65.
[7] Prescripţia nr. 6—1962 M.M.E.E. ICSE, 1962.
[8] Instrucţiunea nr. 96—1962 M.M.E.E. (în curs de tipărire).
[9] *Rukovodiaşcie ukazaniia po zascite ot perenapriajenii elektriceskih ustanovok peremennovo toka 3—220 kV.* Gosenergoizdat, 1954.
[10] Kostenko, M. V. *Atmosfernie perenapriajeniia i grozozascita vîsokovoltnîh ustanovok.* Gosenergoizdat, 1949.
[11] Bercovici, M. şi alţii. *Tehnica tensiunilor înalte* Curs litografiat, Institutul politehnic Bucureşti.
[12] Mark, D. *Studiu tehnico-economic al legării conductoarelor de protecţie a liniilor de 35 kV la cadrele staţiilor.* În : Energetica nr. 1, 1956, p. 29—33.
[13] Razevig, D. B. *Atmosfernie perenapriajeniia na liniiah electroperedacii.* Gosenergoizdat, 1959.
[14] Mark, D. *Soluţii noi de protecţie a instalaţiilor electrice contra supratensiunilor atmosferice.* I.D.T. 1962.
[15] Kostenko, M. V., Polovoi, I. F. şi Rozenfeld, A. N. *Roli prorîva molnii na provoda mimo trosov dlea grozozaşcitî linii vîsşih klassov napriajeniia.* În : Elektricestvo nr. 4, 1961, p. 20—26.
[16] Burgsdorf, V. V. *Protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor electrice de transport şi experienţa de exploatare a acestora în U.R.S.S.* CIGRE 1958, Raport nr. 326.
[17] Sporn, Ph. Cahen, F. şi Magnieu, M. *Raport asupra lucrărilor comitetului de studii de transmisii în curent alternativ de foarte înaltă tensiune.* CIGRE 1962, Raport nr. 419.

Suporţi de tip portal-ancorat din beton centrifugat precomprimat realizaţi la o linie de 400 kV din R.P.R.

Ing. *NICOLAE BORZA* şi ing. *EUGEN BOLKI*

În ultimii ani, unităţile Ministerului Minelor şi Energiei Electrice au realizat primele linii de transport de energie electrică din R.P.R. cu tensiunea de 220 şi 400 kV.

În acest scop, în cadrul I.S.P.E. s-au analizat soluţiile tehnice aplicate în alte ţări pentru suporţii liniilor de foarte înaltă tensiune, adaptîndu-se la condiţiile specifice ale ţării noastre cele mai economice tipuri de suporţi. Astfel, suporţii de susţinere ai primelor linii de 220 kV s-au realizat din laminate, cu schemele şi caracteristicile principale din figura 1, iar linia de 400 kV, recent construită, a fost echipată pe cea mai mare parte a traseului cu suporţi de susţinere metalici de tipul portal-ancorat.

Urmărind aplicarea directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. privind economisirea materialelor metalice, şi în special a laminatelor, în I.S.P.E. s-au întreprins studii şi experimentări pentru folosirea betonului armat şi a betonului precomprimat la construcţia acestor categorii de suporţi.

Dintre suporţii liniilor electrice aeriene de foarte înaltă tensiune, cei de tipul portal-ancorat se pretează mai bine la folosirea betonului armat. Prin schema lor statică, la aceşti suporţi, unele bare (picioarele şi traversa) sînt solicitate numai la compresiune cu încovoiere, iar altele (ancorele) numai la întindere. Astfel, alcătuind picioarele şi traversa din beton armat, iar ancorele din oţel, proprietăţile specifice ale acestor materiale sînt folosite în modul cel mai raţional.

Economicitatea suportului depinde în primul rînd de alcătuirea picioarelor. Acestea trebuind să aibă o secţiune transversală mică şi un moment de inerţie mare în toate direcţiile, se impune secţiunea inelară, care se poate realiza mai uşor prin centrifugare.

Nu avem cunoştinţă despre utilizarea curentă a betonului centrifugat la suporţi de linii cu tensiunea de 220 kV şi mai mare, decît în U.R.S.S., unde întrebuinţarea suporţilor centrifugaţi a luat în ultimii ani o mare dezvoltare. Suporţii tipizaţi în U.R.S.S. pentru linii de 220—380 şi 500 kV au picioarele şi traversa alcătuite din elemente identice, de formă cilindrică, precomprimate cu sîrme aderente.

În paralel s-au studiat şi în R.P.R. posibilităţile de realizare a suporţilor de tip portal-ancorat din beton armat, cu mijloacele tehnice ale fabricii de stîlpi centrifugaţi „Titan" din Bucureşti.

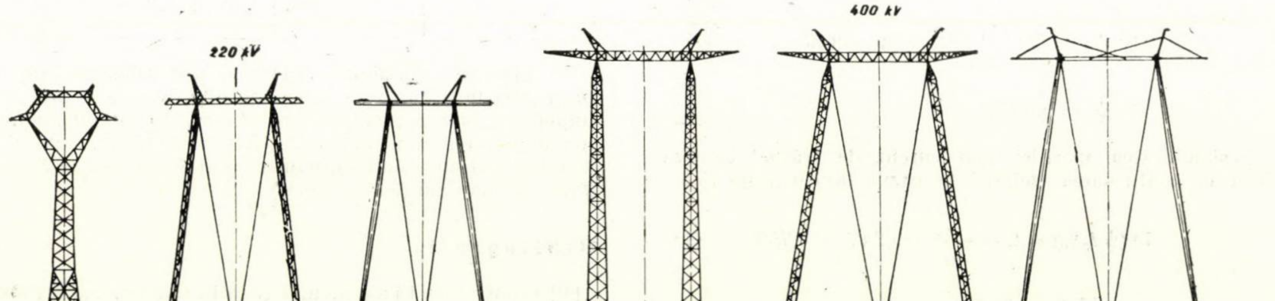


Fig. 1. Schemele suporţilor de susţinere ai liniilor de 220 şi 400 kV folosiţi în R.P.R.

Portalele executate în R.P.R. introduc elemente noi, ca profilul de fus al picioarelor, schema statică a traversei şi unele detalii constructive *.

1. Prototipuri experimentale în R.P.R.

Primul prototip de suport portal-ancorat din beton centrifugat a fost realizat în anii 1959—1960. Prototipul a fost dimensionat pentru o linie de 110 kV dublu circuit, avînd înălţimea traversei de la sol de 23 m. Picioarele s-au realizat din cîte două elemente tronconice asamblate prin sudarea unor manşoane metalice, iar traversa şi suporţii conductoarelor de protecţie, alcătuite din elemente centrifugate cilindrice, formau împreună cu tiranţii lor o structură hiperstatică. Din încercările elastice şi de rupere a acestui prototip a reieşit buna comportare a picioarelor şi ancorelor şi oportunitatea unor modificări la schema şi alcătuirea constructivă a traversei, vîrfarelor şi îmbinărilor lor cu stîlpii.

În 1961 s-a experimentat un prototip de portal ancorat dimensionat pentru linii de 220 kV. La acest portal s-a modificat îmbinarea stîlpilor înlocuindu-se manşoanele metalice printr-o îmbinare telescopică, iar traversa a fost alcătuită din piese de beton armat vibrat, cu secţiune chesonată. S-a simplificat astfel articulaţia picioarelor cu traversa, dar executarea traversei s-a dovedit mai dificilă.

Ancorele din funie de oţel şi dispozitivele lor de reglare şi fixare au fost de tipul celor folosite în U.R.S.S.

Montajul şi ridicarea acestui suport s-au făcut în condiţii mai bune decît la precedentul, iar încercările elastice şi de rupere au dat rezultate mai bune decît prevederile proiectului, cedarea portalului producîndu-se prin ruperea unei ancore la forţe orizontale echivalente cu de 3,75 ori presiunea de calcul a vîntului transversal pe linie (fig. 2).

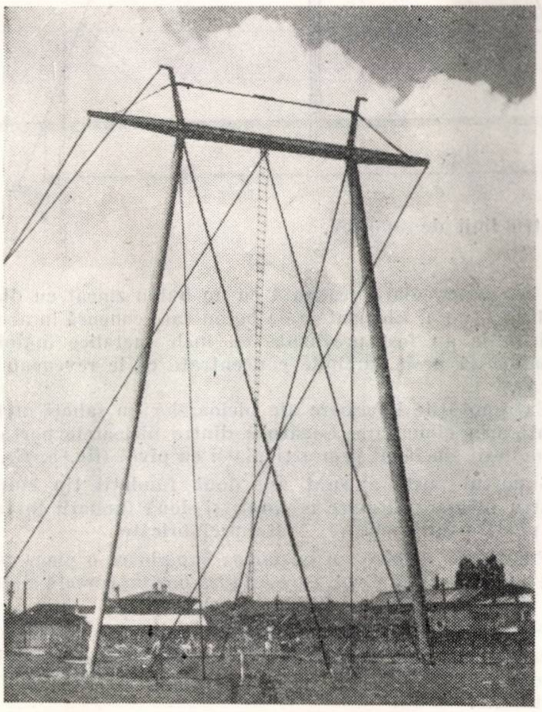


Fig. 2. Portalul experimental pentru linii de 220 kV în cursul încercărilor.

Prin construirea şi încercarea acestor prototipuri s-a cîştigat experienţa necesară proiectării şi execuţiei şi încrederea în comportarea portalelor din beton centrifugat.

2. Proiectarea suporţilor din beton centrifugat ai liniei de 400 kV

În timpul construcţiei liniei de 400 kV Luduş-Lemeşany s-a pus problema ca pe o porţiune de pe teritoriul R.P.R., portalii metalici să fie înlocuiţi prin portali din beton centrifugat, pentru verificarea pe scară mai largă a comportării acestor construcţii şi pentru instruirea echipelor cu tehnologia de asamblare şi de ridicare în condiţii de şantier a acestor suporţi, sensibil mai grei decît cei metalici.

2.1. *Gabarite, încărcări*

Astfel, în trimestrul IV.1962 au fost montaţi cinci suporţi din beton centrifugat, dimensionaţi în condiţii riguros egale cu suporţii metalici ai liniei, adică la o distanţă nominală de 450 m şi cu traversa la 29,2 m înălţime de la sol.

Deschiderea de 20,0 m între picioarele suporţilor de beton, egală cu cea a stîlpilor metalici care urmau să fie înlocuiţi, a fost impusă de existenţa fundaţiilor. Verificînd presiunea pe teren la greutatea proprie mărită a suporţilor, a rezultat un spor de 0,5 kg/cm², admisibil pentru terenul în speţă.

Încărcările de calcul corespund la două regimuri de lucru :

a) regim normal, vînt de 30 m/s transversal pe linie, sau vînt de 15 m/s pe chiciură de 1,3 cm grosime radială ;

b) regim de avarie (ruperea unui conductor activ sau de protecţie).

La calculul în regim de avarie s-a avut în vedere şi ipoteza dispariţiei complete a unui conductor, inclusiv a lanţului de izolatoare, ipoteză care a condus la solicitări sporite în unele elemente ale traversei şi la adoptarea unei scheme statistic determinate a traversei (fig. 3, *D*).

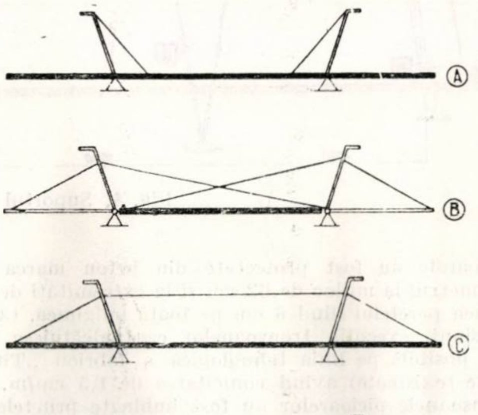


Fig. 3. Scheme statice ale traversei :
A — schema adoptată la suportul 1963 pentru linii de 220 kV ; *B* — schema studiată, dar neaplicată în practică ; *C* — schema adoptată la portalul experimental 1961 pentru linii de 220 kV ; *D* — schema adoptată la linia de 400 kV.

2.2. *Schema statică*

Din punct de vedere static, portalul ancorat este un sistem static determinat de bare articulate, dispuse spaţial.

Barele care sînt în permanenţă comprimate şi încovoiate sînt alcătuite din beton (picioarele şi traversa) sau din laminate (consolele şi vîrfarele), iar barele permanent întinse (ancorele) sînt alcătuite din funie de oţel.

Baza largă a portalului contribuie la obţinerea unor solicitări reduse în ancore, stîlpi şi fundaţii, oferind totodată posibilitatea unei tehnologii simple de ridicare, prin basculare, a portalului asamblat la sol.

---

* Proiectarea s-a făcut în ISPE de autorii articolului; execuţia elementelor s-a făcut de către ICMP nr. 7, prin ing. P. Paleolog, ing. T. Culiţă şi ing. E. Georgescu, iar montajul prototipurilor a fost condus de ing. C. Cernescu, ing. I. Pestrea şi tehn. R. Anca din TCME.

2.3. *Soluţia constructivă* (fig. 4 şi 5)

Picioarele stîlpului sînt elemente liniare, în formă de fus, în lungime totală de 29,5 m. Realizarea acestei lungimi cu maşinile actuale de centrifugat, care pot executa numai lungimi pînă la 20 m, a fost posibilă datorită secţionării piciorului în două tronsoane.

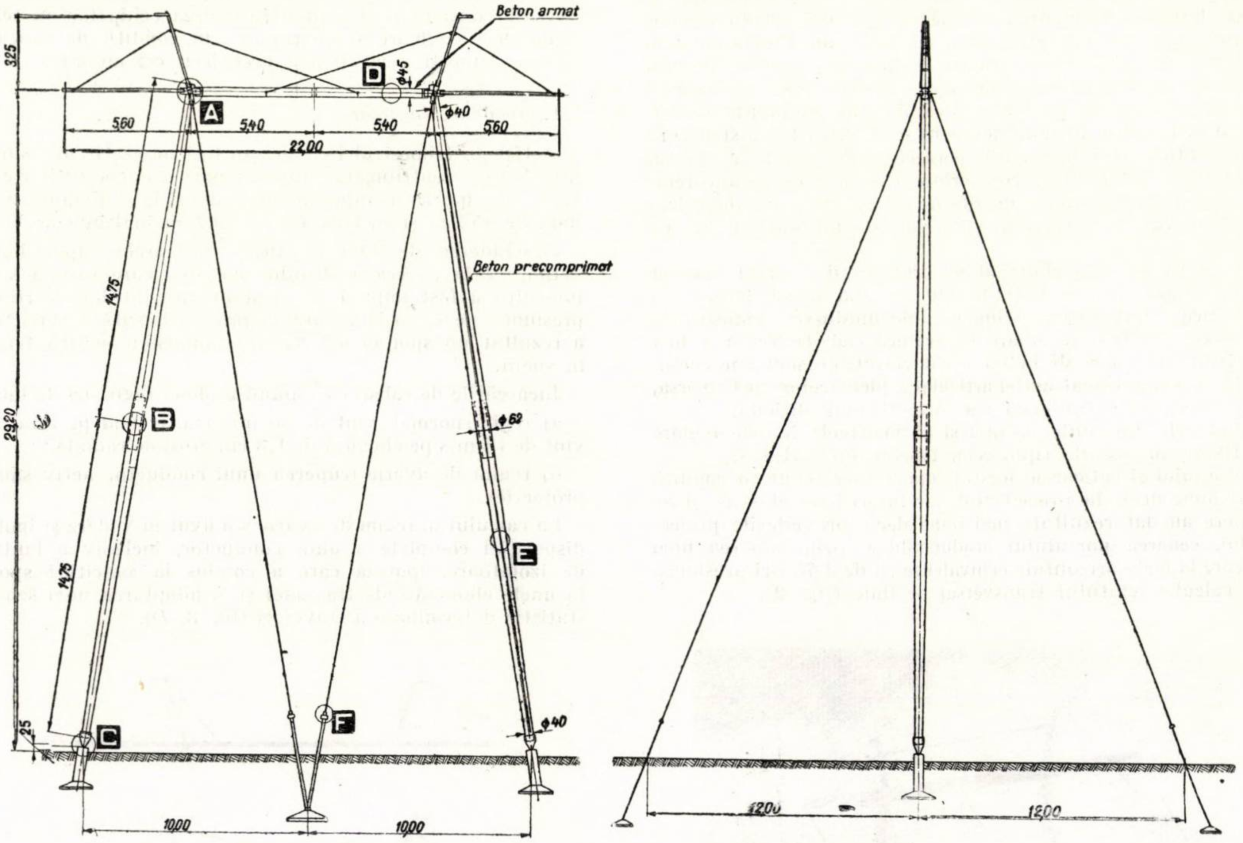


Fig. 4. Suportul de susţinere pentru linii de 400 kV.

Picioarele au fost proiectate din beton marca B-400, cu diametrul la mijloc de 62 cm şi la extremităţi de 40 cm, grosimea peretelui fiind 6 cm pe toată lungimea. Cu aceste dimensiuni, execuţia tronsoanelor care alcătuiesc piciorul a fost posibilă pe linia tehnologică a fabricii ,,Titan'' cu tiparele (existente) avînd conicitatea de 1,5 cm/m.

Tronsoanele picioarelor au fost îmbinate prin telescopare cu elemente centrifugate cilindrice cu diametrul de 45 cm şi lungimea de 2,4 m, armate cu oţel moale OL X 52 şi executate concomitent cu porţiunea centrală a traversei.

Profilul de fus adoptat pentru picioarele suportului, apropiindu-se de forma solidului de egală rezistenţă la flambaj, are faţă de profilul cilindric avantaje privind consumul de metal la îmbinări.

Datorită faptului că între timp fabrica de stîlpi ,,Titan'' a asimilat producţia experimentală de elemente centrifugate precomprimate, a fost posibil ca la suporţii liniei de 400 kV să se prevadă precomprimarea unor elemente, în speţă a picioarelor. Astfel s-au realizat importante economii de metal, asigurîndu-se totodată o comportare mai bună a elementelor centrifugate la transport, montaj şi pe durata exploatării.

Traversa a fost alcătuită din trei segmente : două părţi laterale (console) metalice, articulate în nodul în care stîlpii întîlnesc traversa şi vîrfarele, şi o parte centrală, dintr-o piesă de beton cu diametrul de 45 cm, centrifugată.

Executarea din metal a părţilor laterale ale traversei uşurează mult solicitarea tiranţilor de suspensie, cît şi alcătuirea constructivă a nodurilor stîlpi — traversă, în care elementul unic de asamblare poate fi un bulon transversal.

Vîrfarele sînt metalice, pentru uşurinţa prinderii la nod şi reducerea greutăţii lor. Tiranţii traversei şi ancorele principale ale portalului au fost alcătuite din conductor funie de oţel 2 × 120 mm² secţiune.

Extremităţile superioare ale picioarelor, segmentele traversei, vîrfarele şi ancorele portalului sînt prinse între ele într-o articulaţie realizată cu un bulon zincat cu diametrul de 48 mm. Elementele de beton care concură în această articulaţie au fost prevăzute cu inele metalice înglobate, capabile să preia sarcinile concentrate ce le reveneau (fig. 5, *A*).

Extremităţile inferioare ale picioarelor au saboţi metalici fixaţi prin cimentare. Legătura dintre picioarele portalului şi fundaţii s-a făcut prin articulaţii cu pivot (fig. 5, *C*).

Suportul portal-ancorat are două fundaţii tip ciupercă pentru picioare, dispuse înclinat, şi două fundaţii în formă de placă pentru ancore, toate prefabricate.

Fundaţiile stîlpilor au la partea superioară o placă metalică bombată şi un pivot, care asigură poziţia corectă a stîlpului şi repartizarea presiunilor locale.

Proiectul a prevăzut o pretensionare de circa 2 t pentru fiecare din ancorele portalului, pentru mărirea rigidităţii sistemului. Tiranţii traversei se autoîntind după ridicarea portalului.

2.4. *Calculul static şi de rezistenţă*

Schema static determinată a portalului a permis determinarea rapidă şi exactă a solicitărilor elementelor componente, prin metode grafice combinate cu calcule analitice.

Dată fiind solicitarea redusă a portalului în lungul liniei, ca urmare a adoptării clemelor cu rezistenţă limitată de fixare a conductoarelor (1400 kg pe fază), portalul a fost dimensionat (cu excepţia consolelor metalice) de ipoteza regimului normal : vînt transversal pe linie.

Ca particularități ale calculului picioarelor menționăm că s-a utilizat metoda de calcul la stările-limită, care, prin coeficienții de supraîncărcare și de omogenitate diferențiați adoptați, a permis să se țină seamă de probabilitățile diferite de abateri de la sarcinile, dimensiunile geometrice și calitățile materialelor prescrise prin proiect. Picioarele suporților, solicitate la compresiuni importante și la încovoieri produse de acțiunea directă a vîntului și de componenta greutății proprii, de excentricitatea de montaj și de curbura inițială, au fost verificate la flambaj și la momente încovoietoare calculate prin metodele statice de ordinul II, cu formule de forma:

$$f = f_0 \frac{\delta}{1 - \frac{N}{N_{cr}}},$$

în care:

f este săgeata totală a barei;

f_0 — săgeata calculată cu metodele statice de ordinul I;

δ — funcția de sarcini și de variația momentului de inerție în lungul barei;

N — forța axială;

N_{cr}— forța critică euleriană.

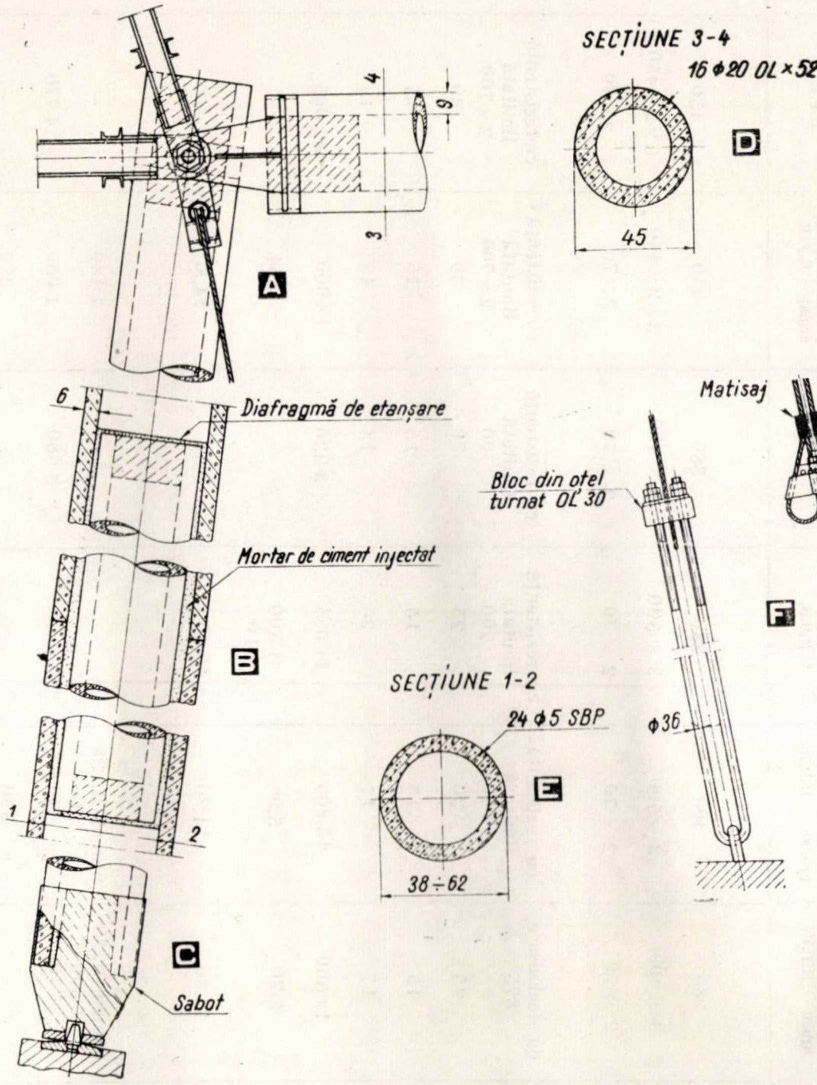


Fig. 5. Detalii constructive.

Pentru reducerea încovoierii produse de greutatea proprie a picioarelor, s-a prevăzut ca asamblarea tronsoanelor la sol să se facă cu o contrasăgeată de 6 cm.

Verificări minuțioase s-au făcut pentru faza de montaj, cînd apar solicitări mai mari decît cele din regimul normal de exploatare.

Pentru elementele precomprimate s-a admis ca în stadiul exploatării să se atingă rezistența-limită la tensiune a betonului în zona întinsă.

Pretensionarea armăturii acestor elemente s-a făcut la valoarea $\sigma_0 = 0{,}7\ \sigma_r$, pentru un oțel cu limita de rupere de 140 kg/mm^2, asigurîndu-se o precomprimare de circa 46 tone.

Elementele metalice ale portalului au fost dimensionate cu rezistența admisibilă de 1800 kg/cm^2 pentru calitatea OL 38.

În tabela 1 sînt arătate comparativ principalele caracteristici ale suporților portal-ancorat din beton centrifugat și din metal, realizate în R.P.R. și U.R.S.S. În coloana 5 figurează și caracteristicile unui suport în curs de experimentare și omologare, cu care se va construi în 1963 o linie importantă de 220 kV.

Din tabelă rezultă caracteristicile remarcabile ale portalilor de beton precomprimat din R.P.R., în special în ceea ce privește consumul de metal.

Tabela 1

Comparația suporților de susținere portal-ancorat din beton centrifugat și metal la linii de 220–500 kV

Nr. crt.	Caracteristici și indici	Unități de măsură	Linii de 220 kV				Linii de 400 kV		Linii de 500 kV
			Prototip experimental 1961, din beton armat – R.P.R.	Prototip 1963, din beton precomprimat – R.P.R.	Stîlp tip din beton precomprimat – U.R.S.S.	Stîlp metalic – R.P.R.	Stîlp din beton precomprimat și armat – R.P.R.	Stîlp metalic – R.P.R.	Stîlp tip din beton precomprimat – U.R.S.S.
1	Distanța nominală între suporți determinată de gabarit	m	385	400	380	380	450	450	280
2	Conductoare active OL-Al	mm²	3 × 400	3 ×500	3 × 500	3 × 400	3×2×450	3×2×450	3×400
3	Conductoare de protecție OL	mm²	2 × 70	2 × 70	2 × 70	2 × 70	2×70	2×70	2×70
4	Tipul clemelor de susținere și forța de calcul în lungul liniei	kgf	cu declanșare 875	cu rezistență limitată 700	cu rezistență limitată 700	cu rezistență limitată 700	cu rezistență limitată 2×700	cu rezistență limitată 2×700	cu rezistență limitată 1 500
5	Sarcini în regim normal (vînt fără chiciură)	m/s	25	30	25	30	30	30	25
6	Idem, pe chiciură	m/s	15	15	15	15	15	15	15
7	Grosimea chiciurii, radial	mm	17	17	20	13	13	13	20
8	Greutatea proprie a unui suport	kgf	14 500	16 800	11 650	3 230	18 000	5 005	12 700
9	Beton B-400 în stîlpi și traversă	m³	5,30	5,96	B-500 4,10	—	6,64	—	B-500 4,35
10	Consum de beton prefabricat B-400 pe km de linie	m³/km	13,80	14,80	10,80	—	14,80	—	15,60
11	Oțel OL 38 + OL X 52 (cu rezistența de rupere de calcul 2850, respectiv 3500 kg/cm²)	kgf	numai OL 38 1 550	numai OL 38 500	—	—	1 140	—	—
12	Laminate și oțel turnat	kgf	740	840	—	3 080	1 000	4 770	—
13	Sîrmă SBP II ($\sigma_r = 14\ 000$ kg/cm²)	kgf	—	330	—	—	220	—	—
14	Cabluri de oțel pentru ancore	kgf	130	200	—	150	290	235	—
15	Total metal pe stîlp	kgf	2 420	1 870	1 900	3 230	2 650	5 005	2 312
16	Consum total de metal pe km de linie	kgf/km	6 280	4 680	5 000	8 500	5 900	11 100	8 250

Se observă că în ce priveşte volumul betonului, suporţii din U.R.S.S. au indici sensibil mai buni, fapt explicabil prin marca de beton mai ridicată (B-500) şi grosimea mai mică a pereţilor (4,0 cm).

Încă nu se dispune de o comparaţie de cost concludentă între suporţii din beton centrifugat şi cei metalici echivalenţi, nefiind stabilite norme ştiinţifice pentru manopera de asamblare şi ridicare.

Se pare că, cu preţurile reaşezate, suporţii din beton sînt cu 15—20% mai scumpi decît cei din laminate. Pentru reducerea costului lor va trebui să se reducă volumul betonului armat, să se suprime îmbinarea de la mijlocul picioarelor şi să se organizeze montajul în lanţ pentru reducerea manoperei.

3. Confecţionarea elementelor centrifugate

Întrucît părţile de beton au fost proiectate pe baza tiparelor existente şi a tehnologiei admise la fabrica de stîlpi centrifugaţi ,,Titan'', în momentul punerii în execuţie a proiectului, problemele care au mai apărut la execuţia în fabrică au rămas doar cele specifice producerii stîlpilor centrifugaţi de dimensiuni mari : repartizarea corectă a betonului în tipare în vederea obţinerii grosimii de beton prescrise, asigurarea centrării armăturilor şi problemele legate de execuţia încă experimentală a elementelor precomprimate.

Pretensionarea sîrmelor s-a făcut fir cu fir, folosindu-se o presă hidraulică ,,Paul'', cu reglare automată a forţei de întindere. După centrifugare, tronsoanele au fost supuse la un tratament termic pentru accelerarea întăririi betonului.

Verificarea mărcii betonului din elemente s-a făcut prin metode mixte : încercarea unor cuburi-martor cu latura de 10 cm, combinată cu aplicarea sclerometrului direct pe stîlpi. S-a constatat, cu această ocazie, că marca de beton realizată a depăşit în general cu 20—25% marca B—400 prescrisă.

4. Montarea suporţilor

4.1. *Asamblarea la sol*

Piesele componente ale portalului, transportate pe teren cu remorci biax, au fost descărcate şi aşezate pe căluşi de lemn în poziţia de asamblare. Întîi au fost asamblate tronsoanele picioarelor. După curăţirea locaşelor, etanşarea rozetelor metalice care limitează poziţia pieselor de îmbinare şi introducerea acestor piese în tronsoanele picioarelor — deplasarea lor făcîndu-se cu ajutorul unei automacarale — s-a dat contrasăgeata la mijlocul picioarelor. Pentru aceasta s-au montat repere orizontale şi verticale la extremităţile şi la mijloacele picioarelor, şi prin vizare directă s-au asigurat, cu toleranţe mai mici de 1 cm, planeitatea şi contrasăgeata de 6 cm în plan orizontal.

În continuare s-a injectat mortarul de ciment (dozaj 600 kg ciment la 1 m^3 nisip cu granule sub 1 mm) folosindu-se o pompă cu diafragmă de cauciuc, lucrînd la presiunea de 1,5 ... 2,0 at.

După întărirea naturală în 3—4 zile, s-a montat tachelajul de ridicare.

4.2. *Ridicarea portalilor*

Portalii de beton grei de circa 18 t au fost ridicaţi prin rotire în jurul unui ax orizontal materializat prin balamale metalice, prinse de fundaţii şi de extremitatea picioarelor (fig. 6). Cablul de tragere s-a trecut peste o capră ajutătoare metalică basculantă, înaltă de 18 m. Legarea cablului de fiecare picior s-a făcut în două puncte. Prin intermediul rolelor peste care au fost trecute cablurile, s-a asigurat centrarea eforturilor pe capră şi repartizarea convenabilă a momentelor încovoietoare din picioare pe durata ridicării. Eforturile maxime în timpul ridicării au fost de circa 20t în capră şi 18 t în cablul de tragere. Cu ajutorul unui palan cu şase fire, legat la un ancoraj cu traverse, efortul din cablu s-a redus la 3 t, forţă realizată cu uşurinţă la cîrligul de tracţiune al unui tractor de 85 CP. Pentru punerea la verticală a portalului, tractorul a efectuat o cursă de circa 200 m.

Consolidările provizorii pe durata ridicării au constat dintr-o contravîntuire a portalului cu cabluri încrucişate, o bară de compresiune şi ancorarea fundaţiilor pentru a rezista la forţele orizontale importante ce se dezvoltă.

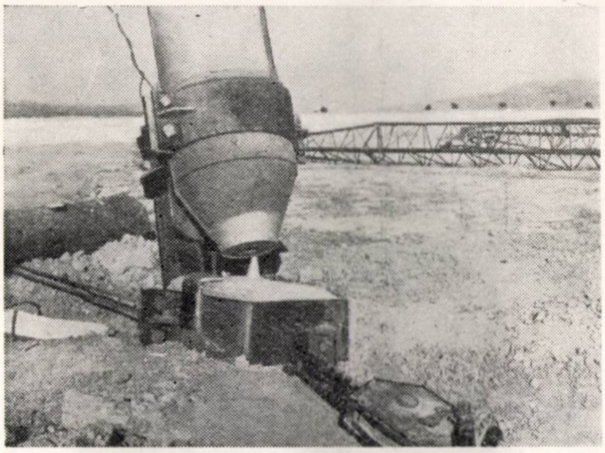


Fig. 6. Balamalele de legătură între picior şi fundaţie.

Tehnologia de ridicare a fost proiectată cu îngrijire, determinînd eforturile în suport şi în tachelaj pentru cinci poziţii intermediare ale portalului şi stabilind prin încercări grafo-analitice dimensiunile şi poziţiile optime ale caprei şi ale cablurilor de legare a portalului.

Respectîndu-se tehnologia proiectată, ridicarea portalilor s-a făcut fără dificultăţi (fig. 7).

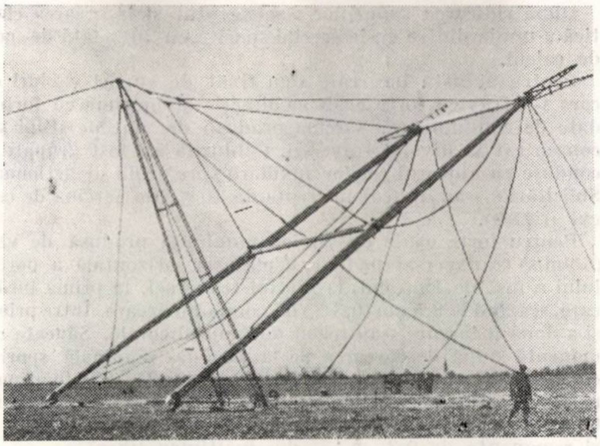


Fig. 7. Suport al liniei de 400 kV în cursul ridicării.

La unii portali s-a observat o uşoară tendinţă de deplanare în faza finală a ridicării, care a fost împiedicată cu uşurinţă cu ajutorul unor cabluri de reţinere.

După ridicare, operaţie care a durat circa o oră, s-a verificat poziţia riguroasă, verticală şi simetrică a portalilor şi s-au pretensionat ancorele cu efortul de 2 t, prevăzut în proiect.

Montarea izolatoarelor şi conductoarelor s-a făcut ca la suporţii metalici de pe restul liniei (fig. 8).

5. Încercări

Ţinînd seamă de experimentările efectuate în trecut cu portali de beton cu ancore, care au demonstrat buna comportare a picioarelor-fus din beton centrifugat, cît şi a ancorelor, nodurilor, îmbinărilor şi fundaţiilor, s-a considerat că înainte de montajul portalilor de 400 kV este suficientă o încercare la banc, de rupere prin încovoiere a unui picior-fus precomprimat.

Această încercare a arătat că piciorul asamblat din două tronsoane, cu ajutorul unei piese de telescopare cimentate, devine un element continuu, la care ruperea prin încovoiere se produce în afara îmbinării.

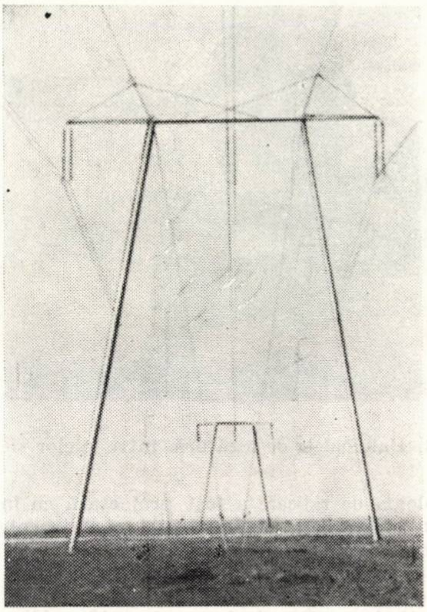


Fig. 8. Suport montat în linia de 400 kV.

După ridicarea suporţilor s-a executat şi încercarea elastică a unuia dintre ei, la sarcini sporite cu 20% faţă de cele de calcul.

Pentru această încercare s-au fixat de suport cabluri de care s-a tras cu forţe egale ca direcţie şi mărime cu forţele date de conductoare. Sarcina produsă de vînt pe stîlpi s-a concentrat la nivelul traversei. Cablurile au fost grupate şi conduse cu ajutorul rolelor auxiliare spre trolii de acţionare. Solicitările s-au aplicat în trepte de 20% din sarcina de calcul (fig. 9).

Pentru forţe egale cu sarcina nominală produsă de vînt (30 m/s) transversal pe linie, deplasarea orizontală a portalului a fost de 16,5 cm, la nivelul traversei, la prima încărcare, scăzînd la 8,5 cm (0,3 %) la a doua încărcare. Între prima şi a doua încărcare s-au reglat din nou ancorele. Săgeata remanentă după descărcarea de la sarcina nominală sporită cu 20% a fost de 5 cm, reprezentînd doar 0,2% din înălţimea portalului. Comparativ, la stîlpii de beton monofilari pentru tensiuni de 35—110 kV, se obţin săgeţi elastice de 1,5—3% şi remanente de 0,3—0,4% din înălţimea liberă.

Concluzii

Experimentările efectuate cu suporţii de susţinere de tipul portal-ancorat din beton centrifugat precomprimat pentru linii electrice aeriene de 200 kV şi 400 kV au demonstrat buna comportare a acestor construcţii.

Ele conduc la cel mai mic consum de metal în realizarea liniilor de foarte înaltă tensiune.

Volumul de beton şi costul acestor suporţi sînt susceptibile de reduceri în viitor.

În R.P.R. va începe aplicarea pe scară largă a acestor suporţi la construirea noilor linii electrice de 220 kV.

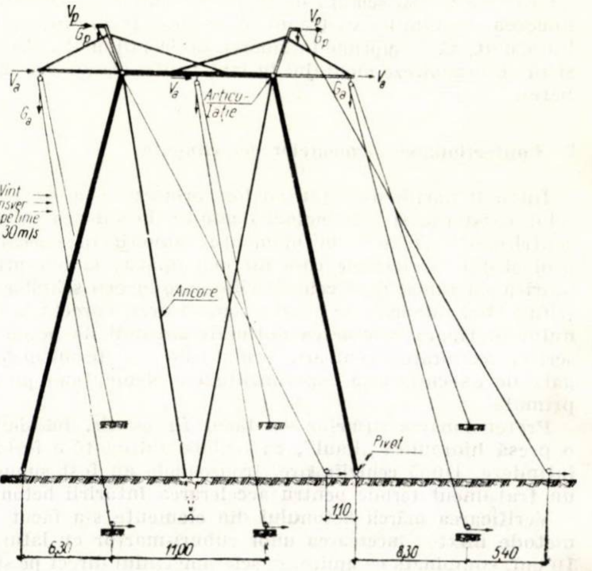


Fig. 9. Schema încercării statice.

Bibliografie

[1] Grigoriev, I. E. *Construcţia liniilor de transport de energie electrică* de 380 kV *în Finlanda.* Orgenergostroi, Moscova 1957.

[2] Hobarin, R. A. *Cercetarea experimentală a comportării stîlpilor de beton armat cu oţel pretensionat a liniilor de* 400 kV. În: Promîşlennoie stroitelstvo, nr. 5, 1959.

[3] Lu-Tst-Ljan şi Chi-Tschin. *Freileitungsmaste aus Stahlbetonfertigteilen für* 110 *bis* 220 kV — *Leitungen in der Volksrepublik China. Die Montagebauweise mit Stahlbetonfertigteilen in Industrie — und Wohnungsbau* — II — — Intern. Kongress Dresden, 1958.

[4] M.E.E.I.E. *Prescripţii pentru construcţia liniilor electrice aeriene cu tensiuni peste* 1000 V. Bucureşti, 1960.

[5] Teploelektroproekt-Moscova. *Stîlpi unificaţi de beton pentru linii aeriene de* 35—500 kV (1961).

[6] Borza, N. *Suporţi-portal ancoraţi din beton armat centrifugat pentru linii de* 110 kV *şi* 220 kV — *prototipul experimental* — ISPE 1960. (Material documentar).

[7] ISPE. *Proiectul de execuţie a portalului-ancorat din beton armat centrifugat pentru* 220 kV.

[8] Haro, L. şi Orivuorl, K. *Fondations préfabriquées pour portiques.* CIGRE, 1960, Raport nr. 206.

[9] ISPE. *Proiectul suporţilor portal-ancorat din beton centrifugat precomprimat pentru LEA de* 400 kV (1962).

Soluţii moderne în construirea camerelor de comandă electrice ale centralelor şi staţiilor şi posibilităţi de aplicare în R.P.R.

Ing. *C. NEGREANU* şi ing. *M. POPA*

Extinderea continuă a instalaţiilor electroenergetice a ridicat, în ultimii ani, din ce în ce mai acut următoarele probleme :

— reducerea dimensiunilor camerei de comandă pînă la miniaturizare, în vederea uşurării exploatării ;

— reducerea costului circuitelor secundare în ansamblu.

Pentru a fi eficientă, miniaturizarea trebuie să se aplice concomitent atît la aparatele de măsură cît şi la cele de comandă şi semnalizare. Se folosesc astăzi destul de frecvent aparate de măsură pătrate, cu acul la mijloc şi scala de 270°, cu latura de 72 mm, 48 mm sau chiar mai mică. Există, de asemenea, comutatoare de comandă de dimensiuni foarte mici.

Miniaturizarea se realizează uşor prin folosirea tehnicii curenţilor slabi, dar aceasta nu este o condiţie indispensabilă (de exemplu comutatorul de comandă cu lampă inclusă KSQ pentru curenţi tari, cu dimensiunile frontale de 32 × 32 mm [2]).

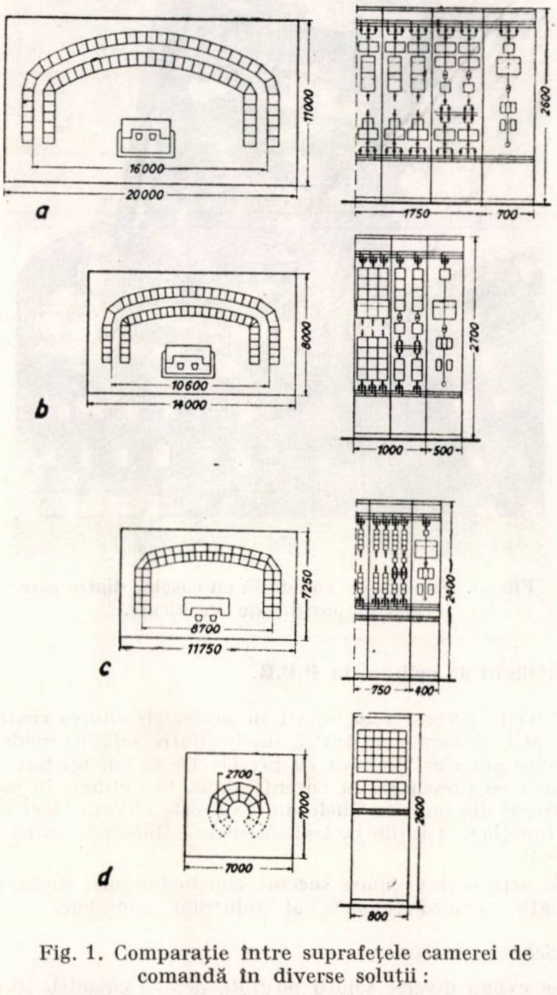


Fig. 1. Comparaţie între suprafeţele camerei de comandă în diverse soluţii :

a — aparataj de curenţi tari; *b* — măsură pe panou în curenţi tari, comandă pe pupitru în curenţi slabi; *c* — idem, dar cu aparate de măsură de 72 × 72 mm; *d* — cameră de comandă miniatură.

Figura 1 reprezintă o comparaţie apărută în literatura tehnică [8] privitoare la suprafeţele unei camere de comandă în diverse soluţii.

O altă cale pentru reducerea dimensiunilor camerei de comandă este micşorarea numărului de aparate, prin folosirea tehnicii măsurii şi comenzii cu preselecţie sau cu alegere. Pentru măsura cu preselecţie se utilizează un singur grup de aparate de măsură, comutabil după dorinţă la oricare dintre celule, cu ajutorul unor butoane.

Figura 2 reprezintă un pupitru de control miniatură, cu comutatoare de comandă de curenţi slabi şi măsură cu preselecţie [6].

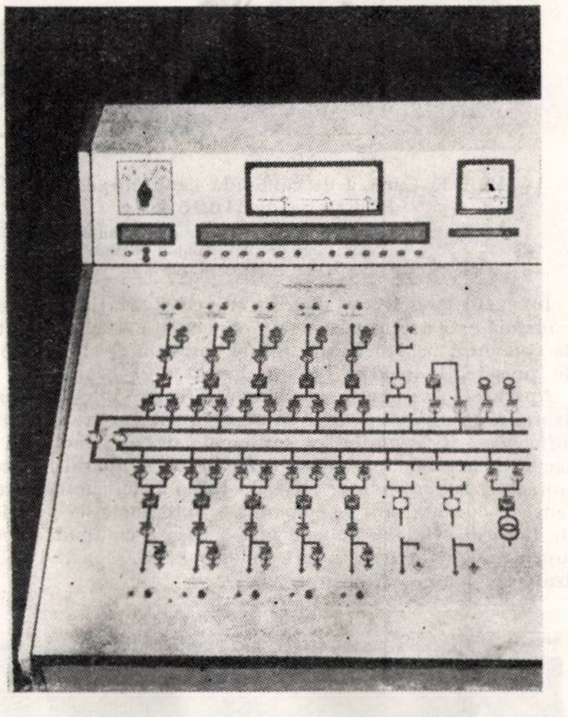


Fig. 2. Pupitru de control miniatură, cu comutatoare de comandă de curenţi slabi şi măsură cu preselecţie.

Sub aparatele de măsură sînt indicate luminos constantele de multiplicare a indicaţiilor acestora, care diferă, în general, după celula la care sînt racordate aparatele.

La folosirea metodelor de preselecţie se prevede un blocaj care împiedică conectarea simultană la două celule a grupului de aparate comune.

Comanda cu preselecţie se poate realiza în două variante : cu preselecţia celulei (sau cu cîmp central) şi cu preselecţia aparatului (sau cu casete).

În cazul preselecţiei celulei există, de obicei, un tablou de semnalizare, cuprinzînd o schemă oarbă sau luminoasă cu semnalizările de poziţie. Pe un pupitru de comandă situat în faţa tabloului se află un grup de comutatoare de comandă pentru o singură celulă (cîmp central), precum şi butoane de preselecţie pentru fiecare celulă, încadrate eventual într-o schemă oarbă. Prin apăsare pe unul dintre aceste butoane, se conectează automat cîmpul central la celula corespunzătoare, putîndu-se executa apoi comenzile la distanţă dorite. Aparatele de măsură se montează fie pe tablou, fie pe pupitru.

Figura 3 reprezintă o astfel de realizare [7]. Pe tablou se află schema de semnalizare şi aparatele de măsură, iar pe pupitru o mică schemă oarbă, identică cu cea de pe tablou, cuprinzînd butoanele de preselecţie. La capetele pupitrului există cîte un cîmp central, dintre care unul de rezervă. Din detaliul cîmpului central, reprezentat în dreapta figurii, se constată că el are o formă mai complicată, putîndu-se adapta oricărei celule.

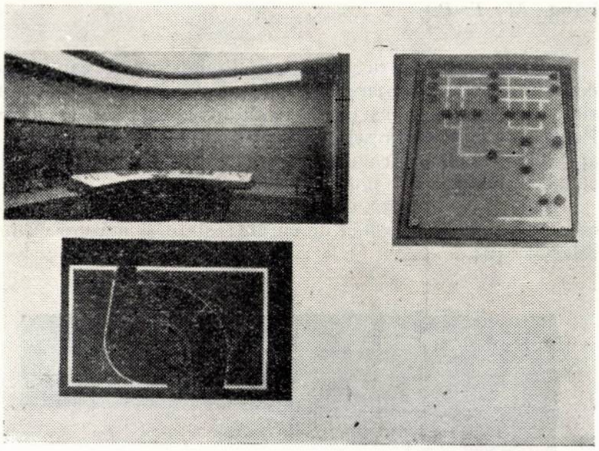


Fig. 3. Cameră de comandă cu cîmp central, la o stație de 110/15 kV:
stînga sus – vedere de ansamblu; *stînga jos* – planul camerei de comandă; *dreapta sus* – cîmpul central.

În cazul preselecției aparatului, configurația camerei de comandă este aceeași, dar pe pupitru există cîte un comutator de comandă pentru fiecare celulă, precum și cîte un buton de preselecție pentru fiecare aparat.

Aparatele de măsură se pot monta fie pe tabloul de semnalizare, fie pe pupitru, care în această soluție are dimensiuni suficiente. Este posibil ca butoanele de preselecție să realizeze în același timp și indicarea poziției aparatului corespunzător, renunțîndu-se astfel la tabloul de semnalizare. În general, comutatorul de comandă și butoanele de preselecție ale fiecărei celule se reunesc într-o casetă comună, pupitrul cuprinzînd atîtea casete cîte celule există. O astfel de realizare se poate vedea în figura 4.

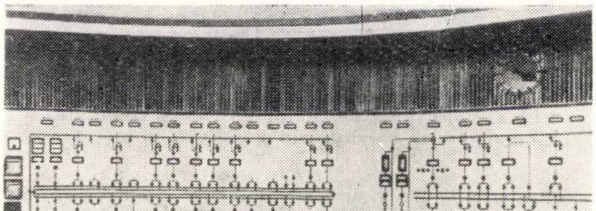


Fig. 4. Cameră de comandă cu preselecția aparatului.

Un tip de casete asemănător este arătat în figura 5, una dintre casete găsindu-se în poziția de verificare [3].

Obiecția adusă inițial sistemelor cu preselecție, și anume că prin manevra suplimentară de alegere ar îngreuia exploatarea, s-a dovedit nejustificată. Din literatura tehnică străină reiese că ele se răspîndesc tot mai mult și probabil că exploatarea este de fapt ușurată prin reducerea substanțială a camerei de comandă.

În ceea ce privește reducerea costului circuitelor secundare, utilizarea sistemelor de preselecție este în general favorabilă, datorită reducerii numărului de aparate, dar trebuie să se țină seamă de mărirea numărului releelor intermediare necesare. Un efect mult mai important îl are folosirea tehnicii curenților slabi, care permite înlocuirea cablurilor de control de curenți tari cu cabluri telefonice, mai ieftine și cu un număr mai mare de circuite.

Măsura în curenți slabi necesită o serie de traductoare, pentru transmiterea impulsurilor corespunzătoare diverselor mărimi măsurate. Ea nu devine economică decît la distanțe mai mari. În cazul comenzilor în curenți slabi, impulsurile de comandă se transmit prin cabluri telefonice și acționează o serie de relee intermediare situate în apropierea aparatelor de înaltă tensiune, care retransmit la aceste aparate comenzile în curenți tari. Costul acestor relee este, de obicei, compensat și depășit de economia realizată la cabluri.

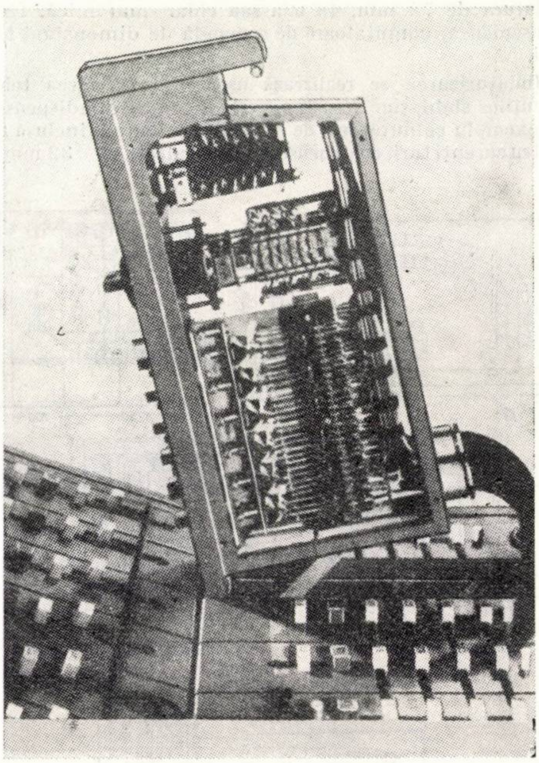


Fig. 5. Pupitru de comandă cu casete, dintre care una în poziție de verificare.

Posibilități de aplicare în R.P.R.

Pînă în prezent s-au folosit în proiectele cîtorva centrale și stații, elaborate de ISPE, unele dintre soluțiile moderne arătate anterior: măsura cu preselecție în curenți tari, comanda cu preselecție în curenți slabi. S-a utilizat în parte aparataj din import. Unele dintre aceste obiective sînt deja în funcțiune (stațiile de transformare București-Centru și Pitești).

În articol sînt expuse succint concluziile unui studiu sistematic tehnico-economic al soluțiilor aplicabile.

1. *Scheme electrice*

Se expun diverse soluții posibile pentru circuitele secundare ale unei celule de linie de 220 sau 110 kV. Celula cuprinde întreruptorul I, separatoarele de bare $1S$ și $2S$, separatorul de ocolire $3S$, separatorul de linie $4S$ și contactele de punere la pămînt ale acestuia $5S$, transformatoarele de curent TC și cel de tensiune monofazat TT.

Pentru alte tipuri de celule sau alte tensiuni, adaptările se pot face cu ușurință.

Schemele circuitelor secundare au fost, în general, elaborate de autori. Lipsa de spațiu nu a permis expunerea lor în detaliu.

a) *Circuite de măsură*. În schema clasică centralizată, întregul aparataj este concentrat în camera de comandă, ceea ce mărește suprafața acesteia și numărul cablurilor. În această privință are efecte foarte bune descentralizarea parțială, cu montarea aparatelor de protecție și automatizare și a contoarelor în stația de conexiuni, în apropierea aparatajului de înaltă tensiune. Soluția este mult folosită în țara noastră, la stațiile interioare. Extinderea ei la cele exterioare este condiționată de realizarea unor cabine metalice sau de zid pentru adăpostirea aparatajului de circuite secundare, corect climatizate și care să ofere posibilitatea executării de lucrări pe timp nefavorabil, problemă rezolvată în străinătate.

Dacă se utilizează măsura în curenți slabi, se montează în dulapurile sau cabinele celulelor cîte un traductor pentru fiecare mărime de măsurat. Aceste traductoare transmit spre camera de comandă impulsul de măsură în curenți slabi, prin cabluri telefonice.

Figurile 6 și 7 reprezintă cazul măsurii cu preselecție. În camera de comandă există un singur grup de aparate de măsură. Ele sînt legate la bucla de măsură *B*, situată în stație, care parcurge toate celulele. Fiecare celulă este conectată la acea stă buclă printr-un releu intermediar RIC, cu o parte din contacte de tipul ,,face înainte de a desface''. Aceste contacte sînt absolut necesare pentru ca în timpul comutării să nu se întrerupă circuitul transformatoarelor de curent. Ele nu reprezintă singura soluție posibilă a acestei probleme, dar numărul de conductoare în cabluri și costul rămîn practic aceleași.

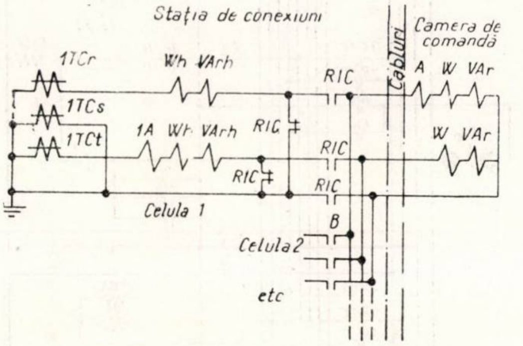


Fig. 6. Schemă de măsură cu preselecție. Circuitele de intensitate.

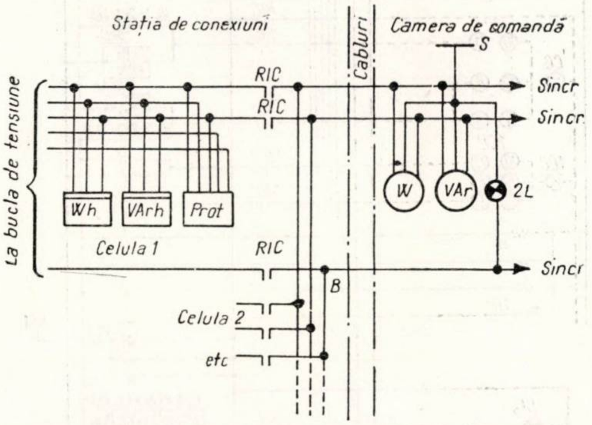


Fig. 7. Schemă de măsură cu preselecție. Circuitele de tensiune.

Schema circuitelor de preselecție este arătată în figura 8. La apăsarea pe butonul de preselecție *Btp* al unei celule, se închide contactul *11—12* al acestuia, se excită releul de preselecție RIC al celulei respective și se autoreține. În același timp, el întrerupe plusul celorlalte relee din aval și minusul celor din amonte, astfel că nu pot fi excitate concomitent două relee de preselecție. O dată cu excitarea releului, se aprinde lampa inclusă în buton și o casetă luminoasă cu indicarea factorului de multiplicare, care nu au mai fost reprezentate în scheme. S-au folosit butoane cu lampă inclusă pentru curenți slabi fabricate în țară (,,Electromagnetica'') și utilizate în prezent la automatizările CFR. Anularea preselecției se face prin tragerea oricăruia dintre butoane, care are ca efect deschiderea contactului *31—33*, după cum se poate vedea și în diagrama butonului (fig. 9).

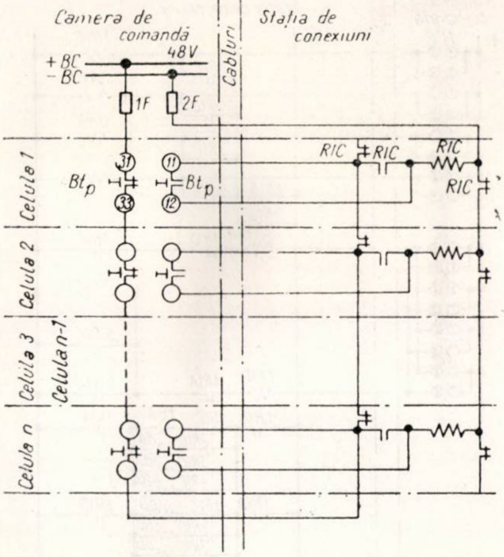


Fig. 8. Schema circuitelor de preselecție.

Poziția butonului	Contacte acționate numai la apăsare				Contacte acționate numai la tragere				
	1		2		3		4		5
	11-12	11-13	21-22	21-23	31-32	31-33	41-42	41-43	51-53
Repaus		×		×		×		×	×
Apăsat	×		×			×		×	×
Tras		×		×	×		×		

Fig. 9. Diagrama butonului de preselecție cu lampă inclusă.

b) *Circuite de comandă și semnalizare*. Descentralizarea are și la aceste circuite efecte favorabile asupra numărului de cabluri și a suprafeței camerei de comandă. Ea este absolut necesară dacă se folosește tehnica curenților slabi.

În acest caz, comutatoarele de comandă de curenți slabi transmit impulsul de comandă prin cabluri telefonice la o serie de relee intermediare aflate în stație, care le retransmit în curenți tari. Sînt necesare în principiu cîte două relee intermediare (anclanșare și declanșare) pentru fiecare aparat comandat la distanță. Pentru comanda separatoarelor, autorii propun, însă, schema din figura 10, care economisește cîte două relee la fiecare celulă. Releele 1 RIC-4 RIC sînt relee de cod fabricate în țară (,,Electromagnetica'') pentru automatizări CFR, iar 1 RIA și 1 RID — relee de curenți tari obișnuite. Diagrama comutatoarelor de comandă de curenți slabi cu lampă inclusă este arătată în figura 11.

Figura 12 reprezintă schema propusă pentru comanda cu preselecția celulei. Sînt reprezentate numai circuitele întreruptorului și ale unuia dintre separatoare. Cîmpul central, comun pentru toate celulele, cuprinde un grup de comutatoare de comandă de curenți tari CSVF. Fiecare comutator transmite impulsurile de comandă la două relee intermediare (1 RICC, 2 RICC etc.), de tip RI-3, dintre care unul pentru anclanșare, iar altul pentru declanșare. Aceste relee, de asemenea comune și montate în stația exterioară, retransmit în curenți tari impulsurile de comandă, printr-o buclă de comandă ce trece prin toate celulele și ale cărei conductoare sînt notate cu *B* în figura 12. La fiecare celulă există cîte patru relee de preselecție (RIC, 1 RIC, 2 RIC, 3 RIC) cu funcționare simultană, pentru a asigura numărul de contacte necesar. Dintre acestea, releele RIC și 3 RIC sînt relee de cod, iar 1 RIC și 2 RIC — relee intermediare de curenți tari tip RI-3. La apăsarea pe butonul de preselecție, aceste relee se excită și se autorețin, conectînd bucla de comandă la celula corespunzătoare. Circuitele de preselecție corespund în principiu schemei din figura 8.

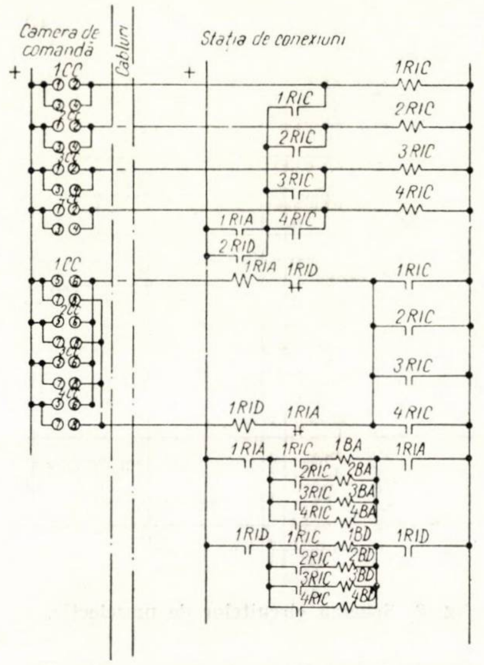

Camera de comandă
Cabluri
Stația de conexiuni
+
1CC
1RIC
2RIC
3RIC
4RIC
1RIA
2RID
1RID
1BA
2BA
3BA
4BA
1BD
2BD
3BD
4BD

Fig. 10. Schemă de comandă individuală a separatoarelor, în curenți slabi.

O problemă mai complicată în această soluție este semnalizarea la avarie. Întrucît nu există cîte un comutator de comandă pentru fiecare întreruptor, nu se poate utiliza principiul necorespondenței între poziția comutatorului și cea a întreruptorului. S-a prevăzut, de aceea, la fiecare celulă cîte un releu de cod (RISA), care va memora ultima comandă dată, suplinind astfel lipsa comutatorului de comandă. După o declanșare prin protecție, el trebuie dezexcitat prin tragerea butonului de preselecție, care își deschide contactul *51—53*.

Poziția		1 2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20
Declanșat	←						×		×	×	×
Pregătit pentru anclanșare	↑					×		×		×	
Comanda de anclanșare	↗	×		×		×		×			×
Anclanșat	↑					×		×		×	×
Pregătit pentru declanșare	←						×		×	×	×
Comanda de declanșare	↙		×		×		×		×		

Fig. 11. Diagrama comutatorului de comandă cu lampă inclusă, pentru curenți slabi.

Schema circuitelor de semnalizare corespunzătoare este reprezentată în figura 13 (numai circuitele întreruptorului și

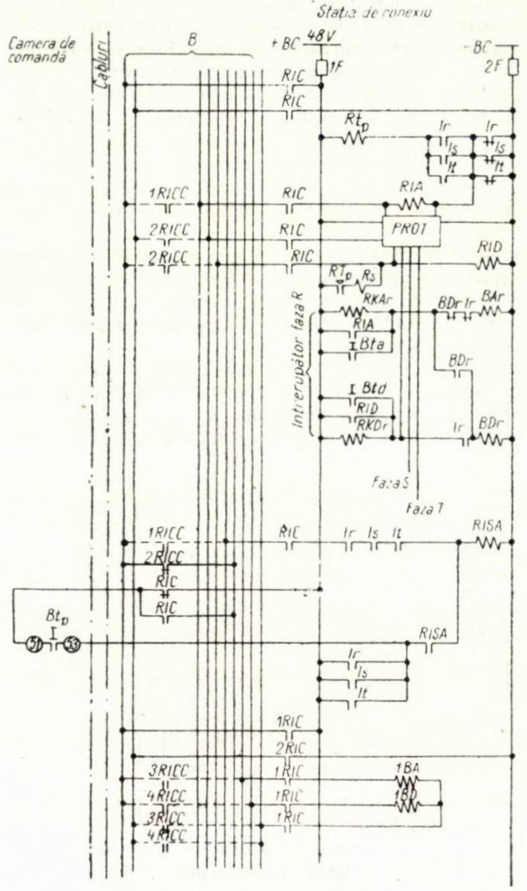

Stația de conexiuni
Camera de comandă
Cabluri
B
+BC
48V
-BC
1F
2F
RIC
Rtp
Ir
Is
It
RIA
1RICC
2RICC
PRO1
RID
RTp
Rs
RKAr
BDr
BAr
Bta
Btd
RKDr
Întreruptor faza R
Faza S
Faza T
RISA
Btp
51
53
1RIC
2RIC
3RICC
4RICC
1BA
1BD

Fig. 12. Schemă de comandă cu preselecția celulei, în curenți slabi.

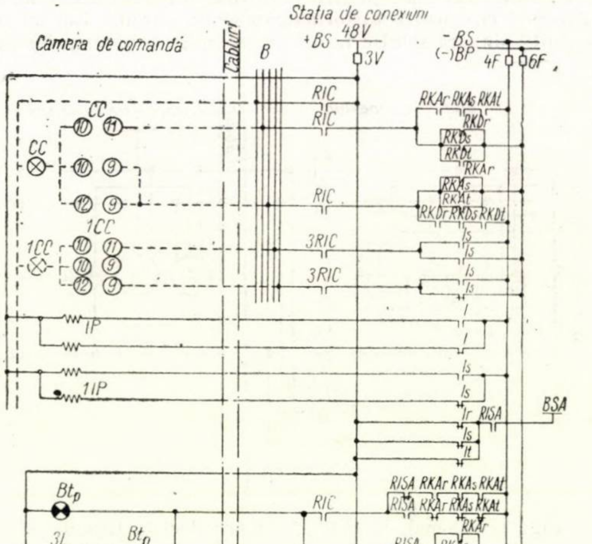

Stația de conexiuni
Camera de comandă
Cabluri
B
+BS
48V
-BS
(-)BP
3V
4F
6F
CC
1CC
RIC
3RIC
RKAr
RKAs
RKAt
RKDr
RKDs
RKDt
Ir
Is
It
IP
1IP
RISA
BSA
Btp
3L
41
42
43

Fig. 13. Schemă de semnalizare în curenți slabi, în cazul comenzii cu preselecția celulei.

ale unuia dintre separatoare). Semnalizarea de poziție se realizează atît la cîmpul central, prin bucla *B*, conectată la celula respectivă, cît și prin indicatoarele de poziție *IP*, *1 IP* etc., aflate pe tabloul de semnalizare. La preselecția unei celule se trage mai întîi de buton, iar lampa 3 *L*, situată pe tabloul de semnalizare, în dreptul celulei respective, începe să pîlpîie, verificîndu-se astfel alegerea făcută. Se apasă apoi pe buton, conectîndu-se cîmpul central la celula dorită, după care se execută comanda. În caz de declanșare de avarie, pîlpîie lampa 3 *L* și lampa inclusă în butonul de preselecție.

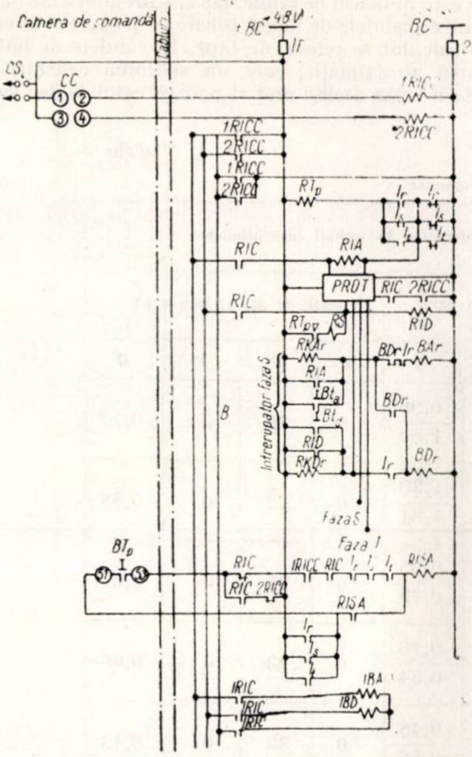

Stația de conexiuni
Camera de comandă
+48V
BC
BC
Cablu
1F
2F
CS
CC
Sincron
1RICC
2RICC
1RICC
2RICC
RIC
RIC
RI_p
RIA
PROT
RIC 2RICC
RID
RI_pp
RKA_r
RIA
1Bl_a
1Bl_r
RID
RKD_r
BDr Ir BAr
BDr
BDr
Întreruptor faza S
Faza S
Faza T
B
Bl_p
RIC
1RICC RIC
RISA
RIC 2RICC
RISA
IRIC
1BA
1BD
1RIC
1BA

Fig. 14. Schemă de comandă cu preselecția aparatului, în curenți slabi.

Anularea semnalului acustic de avarie se face de la un buton central (nereprezentat în scheme), iar a celui optic (și acustic) prin tragerea butonului de preselecție al celulei.

Figura 14 reprezintă o schemă propusă pentru comanda cu preselecția aparatului. Principiul este similar, dar există cîte un comutator de comandă pentru fiecare celulă și cîte un buton de preselecție pentru fiecare aparat. Schema circuitelor de semnalizare este indicată în figura 15. Spre deosebire de soluția precedentă, la verificarea selectării corecte prin tragerea butonului de preselecție, indicatorul de poziție corespunzător începe să oscileze. Cel al întreruptorului oscilează, de asemenea, după o declanșare de avarie.

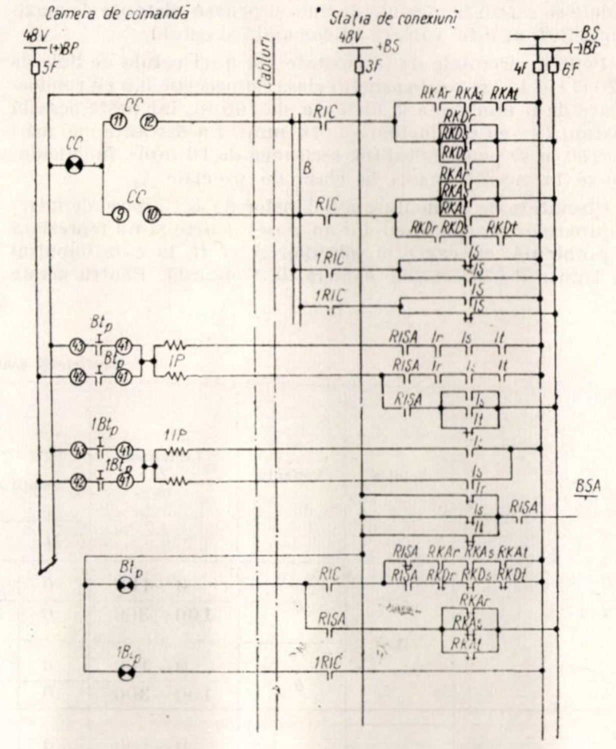

Camera de comandă
Stația de conexiuni
48V
+BP
5F
Cablu
48V
+BS
3F
-BS
-BP
4F
6F
CC
CC
CC
RIC
RKAr RKAs RKAt
RKDr
RKDs
RKDt
RKAr
RKAs
RKAt
B
RIC
RKDr RKDs RKDt
1RIC
1RIC
Is
Bl_p
IP
RISA Ir Is It
1Bl_p
1IP
BSA
RISA
RISA RKAr RKAs RKAt
RIC
RISA RKDr RKDs RKDt
RISA
Bl_p
1Bl_p
1RIC

Fig. 15. Schemă de semnalizare în curenți slabi, în cazul comenzii cu preselecția aparatului.

2. *Soluții studiate*

Prin realizarea circuitelor de măsură și comandă individuală sau cu prelesecție, în curenți tari sau în curenți slabi, rezultă un număr relativ mare de variante posibile. Dintre acestea, unele se exclud de la început din diverse motive. Au fost studiate toate celelalte, redate în tabela 1.

Tabela 1

Soluții studiate

Soluția	Descentralizare	Măsura			Comanda			Observații
		Individuală		Cu preselecție	Individuală		Cu preselecție	
		curenți tari	curenți slabi	curenți tari	curenți tari	curenți slabi	curenți slabi	
A	Nu	Da			Da			
B	Da	Da			Da			
C	Da	Da				Da		
D	Da		Da			Da		
E	Da			Da		Da		
F	Da	Da					Da	Preselecția celulei
G	Da	Da					Da	Preselecția aparatului

3. *Secțiunea conductoarelor*

Calculul acestor secțiuni este necesar în vederea stabilirii sortimentelor de cabluri și a efectuării calculului economic. Pentru calculul încărcării reductoarelor au fost luate în considerare aparatele de măsură prevăzute în PET-1960. Calculele se referă la o celulă de linie și pentru distanțe de maximum 300 m între camera de comandă și celulă.

Pentru circuitele de intensitate ale unei celule de linie de 220 (110) kV se poate asigura clasa de precizie 0,5 cu conductoare de 6 mm^2 pînă la distanța de 100 m, iar peste această distanță — cu conductoare de 10 mm^2. La distanțe mai mari de 160 m se poate folosi tot secțiunea de 10 mm^2, funcționîndu-se în aceste cazuri la clasa de precizie 1.

Circuitele de alimentare a bobinelor de acționare ale întreruptoarelor și separatoarelor au trasee scurte și nu reprezintă o problemă, cu excepția soluțiilor *A* și *B*, la care impulsul se transmite direct din camera de comandă. Pentru aceste ultime cazuri s-a presupus alimentarea la 220 V, fiind suficientă secțiunea de 1,5 mm^2 pentru distanțele considerate (pînă la 300 m). La stațiile de transformare cu distanțe mai mici se pot folosi și baterii de tensiune mai redusă.

Cablurile folosite pentru curenți tari sînt izolate cu material plastic (CYYB și CMYYB), iar cele pentru curenți slabi sînt telefonice armate, izolate cu hîrtie.

4. *Calculul economic comparativ*

În vederea întocmirii calculelor economice s-au stabilit costurile soluțiilor studiate, incluzînd materialele, manopera și cheltuielile indirecte. S-au folosit prețurile reașezate, în vigoare de la 1 ianuarie 1963. Pentru aparatele care nu se fabrică în țară, prețul a fost apreciat. Pentru fiecare soluție, costul a fost exprimat prin relația :

$$C = M + Nn + PL + QnL,$$

unde *n* este numărul de celule, iar *L* — lungimea medie a cablurilor dintre celulele de înaltă tensiune și camera de comandă. Prețul calculat se referă, de fapt, la celulele de linie, dar cu suficientă aproximație, care nu schimbă concluzia finală ; se poate adopta același preț și pentru celulele de : generator, transformator, cuplă, celulele de măsură și descărcătoare (toate împreună la două sisteme de bare). De remarcat că în cazul centralelor electrice nu se aplică la celulele de generator sistemele de măsură sau comandă cu preselecție.

Tabela 2

Coeficienți pentru calculul economic

Soluția	Varianta	Lungimea *L*, m	Valorile coeficienților în unități convenționale							
			stații de 220 sau 110 kV				stații de 35, 15 sau 6 kV			
			M	*N*	*P*	*Q*	*M*	*N*	*P*	*Q*
A	*a*	0—100	0	67	0	0,96	0	20	0	0,77
		100—300	0	67	0	1,04				
	b	0—100	0	71	0	1,23	0	22	0	0,88
		100—300	0	71	0	1,31				
B	*a*	0—100	0	68	0	0,65	0	21	0	0,61
		100—300	0	68	0	0,73				
	b	0—100	0	70	0	0,76	0	23	0	0,66
		100—300	0	70	0	0,84				
C	*a*	0—100	0	78	0	0,48	0	33	0	0,43
		100—300	0	78	0	0,56				
	b	0—100	0	89	0	0,48	0	43	0	0,44
		100—300	0	89	0	0,56				
D	*a*	0—300	0	108	0	0,17	0	59	0	0,16
	b	0—300	0	119	0	0,17	0	69	0	0,17
E	*a*	0—300	13	78	0,4	0,16	13	33	0,4	0,16
	b	0—300	13	90	0,4	0,17	13	42	0,4	0,16
F	*a*	0—100	8	77	0,1	0,36	8	33	0,1	0,43
		100—300	8	77	0,1	0,44				
	b	0—100	29	94	0,2	0,36	13	39	0,2	0,43
		100—300	29	94	0,2	0,44				
G	*b*	0—100	0	93	0	0,39	0	45	0	0,45
		100—300	0	93	0	0,47				

Notă. *n* — numărul de celule ; *L* — lungimea medie a cablurilor dintre celulele de înaltă tensiune și camera de comandă ; *a* — fără comanda la distanță a separatoarelor (numai semnalizare) ; *b* — cu comanda la distanță a separatoarelor ; costul circuitelor secundare : $C = M + Nn + PL + QnL$.

În calculul prețului nu sînt cuprinse instalațiile de protecție (identice în toate soluțiile), construcțiile metalice, ca panouri, pupitre, dulapuri (care diferă puțin de la o soluție la alta) și partea de construcție a camerei de comandă (pentru care nu se poate stabili o cotă-parte aferentă fiecărei celule).

Au fost calculați coeficienții M, N, P, Q pentru toate soluțiile studiate. Valorile lor, exprimate în unități convenționale, sînt cuprinse în tabela 2. Cu ajutorul acestora se poate stabili rapid, pentru oricare caz ivit în practică, costul circuitelor secundare în diverse soluții, în unități convenționale. Apoi, valorile obținute pot fi transformate ușor în procente, luînd ca bază (100 %) costul uneia dintre soluții.

5. *Diagrame comparative*

Situația relativă a costului diverselor soluții poate fi examinată mai rapid în diagrama comparativă din figura 16, trasată pentru un anumit caz particular (zece celule).

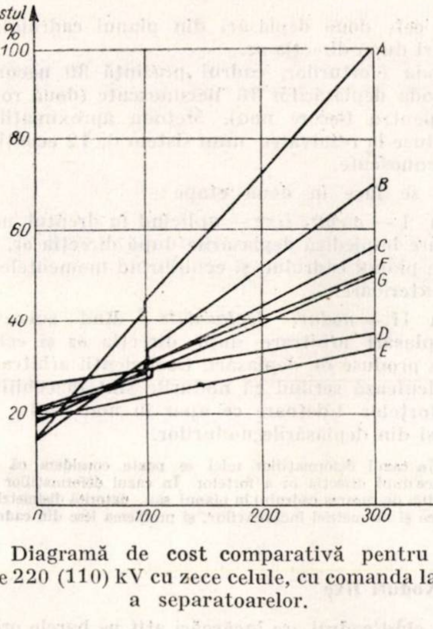


Fig. 16. Diagramă de cost comparativă pentru centrale și stații de 220 (110) kV cu zece celule, cu comanda la distanță a separatoarelor.

Din această diagramă se constată că avantajul soluțiilor moderne reiese clar în evidență în cazul distanțelor mai mari de 100 m. Sistemul de măsură cu preselecție oferă cea mai economică soluție, dar necesită procurarea sau fabricarea în țară a unor relee intermediare de tip special (soluția E). Soluțiile C, D, F și G, la care se utilizează comanda în curenți slabi, sînt de asemenea economice. Măsura în curenți slabi (soluția D) devine foarte avantajoasă la distanțe mari, dar necesită o serie de aparate speciale (traductoare). La distanțe mai mici de 100 m se poate menține soluția clasică.

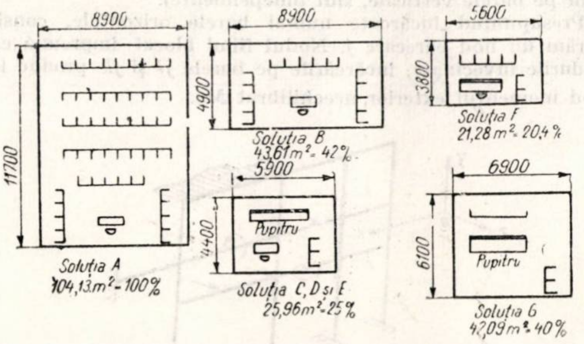


Fig. 17. Suparafața camerei de comandă a unei stații de transformare, în diverse soluții.

6. *Suprafața camerei de comandă*

Configurația camerei de comandă este puternic influențată de soluția aleasă pentru circuitele secundare. Un exemplu se poate vedea în figura 17 pentru cazul unei stații electrice avînd opt celule de 110 kV și 15 celule de 35 kV, întregul aparataj de 6 (15) kV fiind montat la celulă. Se constată că soluțiile moderne permit o reducere substanțială a suprafeței camerei de comandă, obținîndu-se în soluția F o suprafață reprezentînd numai 20 % din cea corespunzătoare soluției A.

Concluzii

Din punct de vedere tehnic, soluțiile moderne (sistemele de măsură și comandă cu preselecție și tehnica curenților slabi) se răspîndesc tot mai mult. Ele s-au dovedit comode și suficient de sigure în exploatare. Este recomandabilă introducerea lor pe scară mai largă și în țara noastră.

Din punct de vedere economic, aceste soluții sînt avantajoase în special în cazul centralelor și stațiilor electrice cu un număr mare de celule și cu distanță mare între camera de comandă și celulele de înaltă tensiune.

Schemele electrice și formulele de calcul prezentate vor permite în multe cazuri alegerea rapidă a soluției optime.

Bibliografie

[1] Heilmann, H. *Über die konstruktive und schaltungstechnische Ausbildung von Schalter — Vorwahlsteuerungen für Warten von Kraft-und Umspannwerken.* În : AEG Mitteilungen **52** (1962), nr. 1/2, p. 36—41.

[2] Wollscheid, E. *Raumsparende Schaltwarten mit Kleingeräten.* În : BBC Nachrichten **41** (1959), nr. 8/9, p. 358—364.

[3] Kühnel, S. *Moderne Schaltwarten.* În : AEG Mitteilungen **49** (1959), nr. 6/7, p. 286—291.

[4] Heilmann, H. și Wiesenewsky, K.H. *Ausführungsformen des Steuerquittierblocks für die Ausrüstung grosser Kraftwerks-und Umspannwerkswarten.* În : AEG Mitteilungen **49** (1959), nr. 2/3, p. 94—98.

[5] Heilmann, H. și Meiners, G. *Verminderung des Aufwandes an Hilfsleitungen in ausgedehnten Hochspannungs — Freiluft — Schaltanlagen.* În : AEG Mitteilungen **49** (1959), nr. 2/3, p. 86—90.

[6] Kissling, W. *Salles de commandes de centrales thermiques et hydrauliques.* În : Rev. Brown Boveri **43** (1956), nr. 7, p. 235—254.

[7] Mulhern, G. M. și O'Neill, D. W. *New design of control installations in transmission stations.* În : Tr. AIEE **75** (1956), part. III, p. 307—317.

[8] Meiners, G. *Über dem Bau von Kraftwerks — und Umspannwerkswarten* (*Wege von der Grosswarte zur Kleinwarte, von der Starkstromwarte zur Schwachstromwarte*), În : E.u.M. **72** (1955), nr. 11, p. 241—249.

Calculul unor suporţi pentru instalaţii energetice

Cadre plane cu bare ortogonale solicitate perpendicular pe plan

Ing. *OSCAR NEDELCU*

În construcţiile energetice intervin adesea elemente de construcţie alcătuind cadre plane care, în afară de solicitările din planul lor, primesc şi solicitări ce produc deformarea cadrului perpendicular pe plan.

Deformări în spaţiu apar, în regim de avarie, la cadrele suporţilor portal pentru linii electrice, la suporţii în formă de A, la suporţii alcătuiţi din elemente asamblate cu bride, la cadrele staţiilor exterioare de transformare.

De asemenea paleele estacadelor pentru conducte de termoficare, alcătuite din cadre plane (fig. 1), sînt puternic solicitate perpendicular pe planul cadrului de către eforturile produse de dilatarea conductelor.

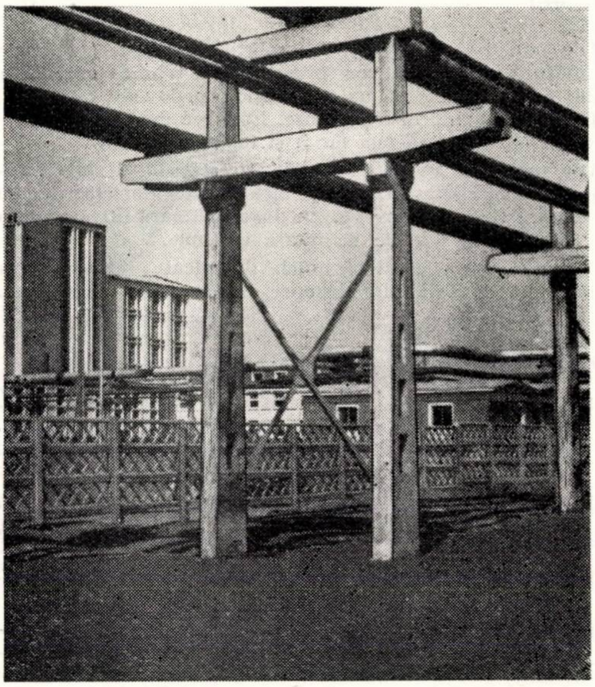


Fig. 1

Repetarea mare a unor asemenea elemente, destinate a fi tipizate şi prefabricate, justifică efectuarea unui calcul static exact, care să ţină seama de deplasarea în spaţiu a nodurilor cadrului şi de eforturile de răsucire care însoţesc încovoierea barelor.

Rezolvarea cadrelor plane cu bare ortogonale şi noduri deplasabile, supuse la solicitări după direcţii oarecare, se poate face prin suprapunerea efectelor, descompunînd solicitările în planul cadrului şi perpendicular pe plan.

Pentru solicitările din planul cadrului — forţe după direcţiile *ox* şi *oy* şi momente după *oz* (fig. 2)— se poate aplica una dintre metodele obişnuite.

Pentru solicitările perpendiculare pe plan — forţe după direcţia *oz* şi momente după *ox* şi *oy* — rezolvarea cadrului se poate face uşor prin metoda aproximaţiilor succesive, după cum se arată în cele ce urmează.

Cadrul din figura 2, supus la solicitări perpendiculare pe planul său, este de 30 de ori static nedeterminat şi are 12 deplasări distincte.

$$m = 3\,b + r - 3\,n$$

$$d = 3\,n' - b$$

unde :

m este gradul de nedeterminare statică ;
b — numărul de bare ;
r — numărul reacţiilor ;
n — numărul tuturor nodurilor ;
d — numărul deplasărilor distincte ;
n' — numărul nodurilor în care nu intră şi reazemele.

$$m = 3\cdot 22 + 5\cdot 3 - 3\cdot 17 = 30$$

$$d = 3\cdot 12 - 22 = 14.$$

Scăzînd cele două deplasări din planul cadrului, rămîn 12 deplasări după direcţia *oz*.

În metoda eforturilor, cadrul prezintă 30 necunoscute, iar în metoda deplasărilor 36 necunoscute (două rotiri şi o deplasare pentru fiecare nod). Metoda aproximaţiilor succesive conduce la rezolvarea unui sistem de 12 ecuaţii liniare cu 12 necunoscute.

Calculul se face în două etape :

Etapa I — *noduri fixe* — aplicînd în dreptul nodurilor reazeme care împiedică deplasările după direcţia *oz*, perpendiculară pe planul cadrului, şi echilibrînd momentele din solicitările exterioare.

Etapa II — *noduri deplasabile* — dînd succesiv nodurilor deplasări arbitrare după direcţia *oz* şi echilibrînd momentele produse de deplasări. Coeficienţii arbitrari introduşi se calculează scriind că nodurile sînt în echilibru sub acţiunea forţelor tăietoare ce apar în nod — din etapa I de calcul şi din deplasările nodurilor.

Observaţie. În cazul deformaţiilor mici se poate considera că deplasarea nodurilor se face după direcţia *oz* a forţelor. În cazul deformaţiilor mari nu se mai poate neglija deplasarea cadrului în planul său, datorită disimetriei geometrice, mecanice şi disimetriei încărcărilor, şi problema iese din cadrul staticii liniare.

Etapa I. **Noduri fixe**

În cazul cînd cadrul are încărcări atît pe barele orizontale cît şi pe barele verticale (fig. 2), calculul se face pentru fiecare schemă de încărcare, suprapunînd efectele (rotirile θy, datorite încărcărilor pe barele orizontale, şi θx, datorite încărcărilor pe barele verticale, sînt independente).

Presupunînd încărcate numai barele orizontale, considerăm un nod oarecare *j*. Nodul fiind blocat împreună cu nodurile învecinate, încărcările pe barele *ji* şi *jk* produc în nod momentul exterior neechilibrat $\overline{M}j$.

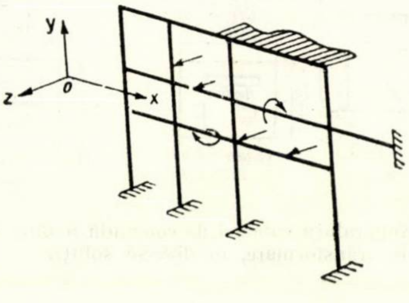


Fig. 2

Deblocînd nodul, el capătă în planul *xoz* o rotire θj, care produce încovoierea barelor *ji* şi *jk* şi răsucirea barelor *jn* şi *jf*. La capătul din *j* al barelor apar momente de încovoiere şi răsucire (momente repartizate, care se transmit la celălalt capăt al barelor).

Coeficienţii de repartiţie şi momentele repartizate se determină imediat.

Notînd :

K — rigiditatea barelor încovoiate, $K = \frac{\alpha EIy}{l}$ (I_y = constant ; $\alpha = 3$ sau 4, după cum celălalt capăt al barei este articulat sau încastrat) ;

T — rigiditatea barelor răsucite, $T = \frac{GI^t}{l}$;

M_{jk}, M_{jn} — momentele la capetele barelor,

$$\theta_j = \frac{M_{ji}}{K_{ji}} = \frac{M_{jk}}{K_{jk}} = \frac{M_{jn}}{T_{jn}} = \frac{M_{jt}}{T_{jt}} = \frac{\overline{M}_j}{\Sigma K_{jk} + \Sigma T_{jn}} .$$

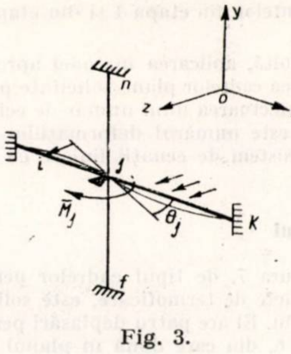


Fig. 3.

La capetele din nodul j al barelor încovoiate, momentele repartizate sînt :

$$M_{jk} = -\frac{K_{jk}}{\Sigma K_{jk} + \Sigma T_{jn}} \overline{M}_j ,$$

(s-a pus semnul minus deoarece s-a trecut de la momente pe bară la momente pe nod).

Tot astfel pentru barele răsucite :

$$M_{jn} = -\frac{T_{jn}}{\Sigma K_{jk} + \Sigma T_{jn}} \overline{M}_j .$$

Momentele repartizate se transmit la nodurile învecinate cu coeficienţii $+\frac{1}{2}$ pentru barele încovoiate şi -1 pentru barele răsucite.

Deblocînd succesiv nodurile şi repetînd operaţiile de repartiţie şi transmitere, se obţin momentele încovoietoare şi de răsucire de la capetele din nod ale barelor pentru etapa I de calcul cu noduri fixe.

Adoptînd pentru momente şi forţe tăietoare convenţia de semne din figura 4 (acelaşi sens pozitiv atît pentru bară cît şi pentru nod), se calculează forţele tăietoare din noduri :

$$Z^I_{jk} = Z^0_{jk} + Z_{jk} ,$$

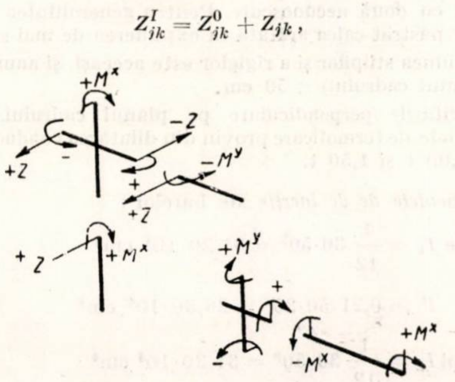


Fig. 4.

în care Z^0_{jk} este forţa tăietoare în nodul j, considerînd bara jk simplu rezemată la cele două capete, iar

$$Z_{jk} = \frac{M_{jk} + M_{kj}}{l_{jk}} .$$

Suma forţelor tăietoare în nodul j, în etapa I — noduri fixe — este :

$$Z^I_j = Z^I_{jk} + Z^I_{ji} .$$

Etapa II. **Noduri deplasabile**

Considerăm toate nodurile blocate şi dăm nodului j o deplasare $\delta_j = 1$ perpendiculară pe planul cadrului.

La capetele barelor se produc momente :

$$\overline{M}^y_{jk} = \overline{M}^y_{kj} = \frac{6E \cdot I_{yjk}}{l^2_{jk}} \cdot 1 ,$$

. . . .

$$\overline{M}^x_{jn} = \overline{M}^x_{nj} = \frac{6E \cdot I_{xjn}}{l^2_{jn}} \cdot 1 ,$$

. . . .

a căror sumă algebrică pe capetele din nod ale barelor este :

$$M^y_j = \overline{M}^y_{ji} - \overline{M}^y_{jk}$$

$$M^y_j = \overline{M}^x_{jn} - \overline{M}^x_{jt} .$$

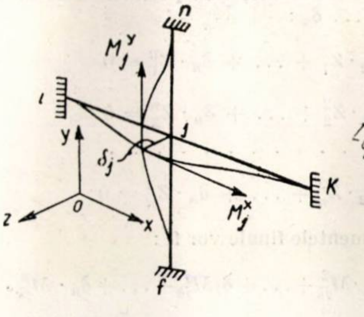


Fig. 5

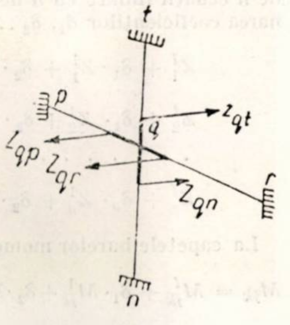


Fig. 6

Pentru determinarea momentelor şi forţelor tăietoare în nodurile cadrului produse de deplasarea nodului j, *se fac echilibrări ale momentelor* M^y *şi* M^x.

1. Momentele neechilibrate M^y din nodurile ijk produc la deblocarea nodurilor încovoieri în barele orizontale şi răsuciri în barele verticale. Coeficienţii de repartiţie sînt aceiaşi ca în cazul nodurilor fixe. De exemplu, pentru barele jk şi jn în nodul j :

$$\frac{K_{jk}}{\Sigma K_{jk} + \Sigma T_{jn}} \quad \text{şi} \quad \frac{T_{jn}}{\Sigma K_{jk} + \Sigma T_{jn}} .$$

După efectuarea echilibrării, cu ajutorul momentelor calculate se calculează *pentru fiecare nod* forţa tăietoare din dreapta şi stînga nodului şi suma algebrică a lor. De exemplu, într-un nod oarecare q (fig. 6), forţa tăietoare cu semnele adoptate este :

$$Z^{yi}_q = +Z_{qp} + Z_{qr} .$$

Pentru deplasarea necunoscută δ_j, forța tăietoare este $\delta_j \cdot Z_q^{yj}$ (Z_q^{yj} este forța tăietoare în nodul q, dată de momentele M^y, cînd se deplasează nodul j cu unitatea).

2. Momentele neechilibrate M^x din nodurile *njf* produc, la deblocarea nodurilor, încovoieri în barele verticale și răsuciri în barele orizontale. În expresia coeficienților de repartiție intervin de data aceasta rigiditățile la încovoiere ale barelor verticale și rigiditățile la răsucire ale barelor orizontale. De exemplu, pentru barele *jn* și *jk* în nodul j :

$$\frac{K_{jn}}{\Sigma K_{jn} + \Sigma T_{jk}} \quad \text{și} \quad \frac{T_{jk}}{\Sigma K_{jn} + \Sigma T_{jk}}.$$

Forța tăietoare în nodul q cînd $\delta_j = 1$ este, cu semnele adoptate :

$$Z_q^{xj} = -\,(Z_{qn} + Z_{qt}),$$

iar pentru deplasarea necunoscută

$$\delta_j, \ \delta_j \cdot Z_q^{xj}.$$

Suma forțelor tăietoare din nodul q produse de deplasarea δ_j a nodului j este :

$$\delta_j \cdot Z_q^j = \delta_j \left(Z_q^{yi} + Z_q^{xj} \right).$$

Pentru ca nodurile cadrului să fie în echilibru și reacțiile din reazemele fictive introduse să fie egale cu zero, trebuie să avem pentru fiecare nod :

$$Z^I + \Sigma \delta \cdot Z = 0.$$

Relația pentru nodul q este :

$$Z^I + \delta_1 \cdot Z_q^1 + \delta_2 \cdot Z_q^2 + \ldots + \delta_j \cdot Z_q^j + \ldots + \delta_q Z_q^q + \ldots = 0.$$

În cazul unui cadru cu n noduri deplasabile avem un sistem de n ecuații liniare cu n necunoscute, care permite determinarea coeficienților $\delta_1, \delta_2 \ldots \delta_n$:

$$Z_1^I + \delta_1 \cdot Z_1^1 + \delta_2 \cdot Z_1^2 + \ldots + \delta_n \cdot Z_1^n = 0$$

$$Z_2^I + \delta_1 \cdot Z_2^1 + \delta_2 \cdot Z_2^2 + \ldots + \delta_n \cdot Z_2^n = 0$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$Z_n^I + \delta_n \cdot Z_n^1 + \delta_2 \cdot Z_n^2 + \ldots + \delta_n \cdot Z_n^n = 0$$

La capetele barelor momentele finale vor fi :

$$M_{jk} = M_{jk}^I + \delta_1 \cdot M_{jk}^1 + \delta_2 \cdot M_{jk}^2 + \ldots + \delta_j M_{jk}^j + \ldots + \delta_n \cdot M_{jk}^n,$$

unde M^I este momentul de la faza cu noduri fixe, iar M_{jk}^j — momentul în nodul respectiv obținut după echilibrarea făcută, dînd nodului j o deplasare $\delta = 1$.

Observații :

a) În cazul cînd în nodul q se aplică o forță exterioară P, ecuația de condiție a nodului este :

$$Z^I + \Sigma \delta \cdot Z_q + P = 0.$$

b) În cazul cînd forțele sînt repartizate numai în noduri, etapa I de calcul dispare și în ecuația de condiție termenul liber este forța din nod.

Mersul calculului

1. Se calculează pentru fiecare bară rigiditatea la încovoiere și la răsucire.

2. Se calculează pentru fiecare cap de bară coeficienții de repartiție pentru cazul cînd pe bară se transmit încovoieri și pentru cazul cînd pe bară se transmit răsuciri.

3. Se calculează momentele de încastrare perfectă în noduri produse de solicitările exterioare și se efectuează etapa I de calcul — noduri fixe. Se calculează forțele tăietoare din noduri, Z^I.

4. Se dau nodurilor deplasări $\delta = 1$ perpendiculare pe planul cadrului (numărul deplasărilor este egal cu numărul de deformații distincte ale cadrului).

Pentru fiecare nod se fac două echilibrări, corespunzînd momentelor de încastrare perfectă $\overline{M}^y$ și $\overline{M}^x$ de pe barele orizontale și verticale.

Se calculează pentru *toate nodurile* forțele tăietoare produse de momentele M^y și M^x din *deplasarea nodului considerat*. Forțele tăietoare se afectează cu coeficientul nedeterminat δ al nodului deplasat : $\delta_j \cdot Z_q^j = \delta_j \left(Z_q^{yj} + Z_q^{xj} \right)$.

5. Se scrie pentru fiecare nod deplasabil și o ecuație de condiție, care exprimă că nodul se află în echilibru sub acțiunea forțelor tăietoare și a forțelor din nod. Se obține sistemul de ecuații liniare din care se calculează necunoscutele.

6. Se calculează momentele finale de la capetele barelor ca sumă a momentelor din etapa I și din etapa II, corectate cu coeficienții δ.

După cum rezultă, aplicarea metodei aproximațiilor succesive la rezolvarea cadrelor plane solicitate perpendicular pe plan conduce la efectuarea unui număr de echilibrări egal cu $1 + 2d$ (unde d este numărul deformațiilor distincte) și la rezolvarea unui sistem de ecuații liniare cu d necunoscute,

Exemplu de calcul

Cadrul din figura 7, de tipul cadrelor pentru estacadele care susțin conducte de termoficare, este solicitat perpendicular pe planul său. El are patru deplasări perpendiculare pe plan ($3 \times 4 - 6 = 6$, din care două în planul cadrului), ceea ce conduce la rezolvarea unui sistem de patru ecuații liniare cu patru necunoscute. În cazul de față, descompunînd solicitările în simetrice și antisimetrice, rezolvarea ecuațiilor s-ar putea simplifica prin reducerea la două sisteme de cîte două ecuații cu două necunoscute. Pentru generalitatea exemplului s-a păstrat calea arătată în expunerea de mai sus.

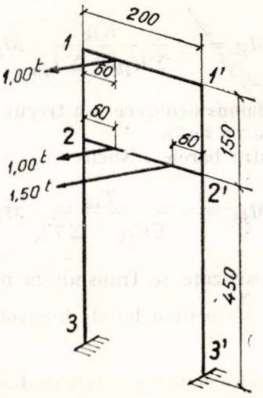


Fig. 7.

Secțiunea stîlpilor și a riglelor este aceeași, și anume 30 cm (în planul cadrului) × 50 cm.

Solicitările perpendiculare pe planul cadrului, care la estacadele de termoficare provin din dilatarea conductelor, sînt de 2.1,00 t și 1,50 t.

Momentele de de inerție ale barelor :

$$\text{Rigle } I_y = \frac{1}{12}\, 30 \cdot 50^3 = 31{,}20 \cdot 10^4 \text{ cm}^4$$

$$I^t = 0{,}21 \cdot 50 \cdot 30^3 = 28{,}30 \cdot 10^4 \text{ cm}^4$$

$$\text{Stîlpi } I_x = \frac{1}{12}\, 30 \cdot 50^3 = 31{,}20 \cdot 10^4 \text{ cm}^4$$

$$I^t = 0{,}21 \cdot 50 \cdot 30^3 = 28{,}3 \cdot 10^4 \text{ cm}^4.$$

Rigidităţi

a) *La încovoiere*

$$\text{Rigle } K_{11'} = K_{22'} = \frac{4\cdot EI_y}{l} = \frac{4\cdot 31{,}20\cdot 10^4}{200} E = 6{,}24\cdot 10^3 E$$

$$\text{Stîlpi } K_{12'} = K_{1'2'} = \frac{4\cdot EI_x}{l_1} = \frac{4\cdot 31{,}20\cdot 10^4}{150} E = 8{,}32\cdot 10^3\cdot E$$

$$K_{23} = K_{2'3'} = \frac{4\cdot EI_x}{l_2} = \frac{4\cdot 31{,}20\cdot 10^4}{450} E = 2{,}77\cdot 10^3\cdot E$$

b) *La răsucire*

$$\text{Rigle } T_{11'} = T_{22'} = \frac{G\cdot I^t}{l} = \frac{0{,}425\cdot 28{,}3\cdot 10^4}{200} E = 0{,}60\cdot 10^3\cdot E$$

$$\text{Stîlpi } T_{12} = T_{1'2'} = \frac{G\cdot I^t}{l_1} = \frac{0{,}425\cdot 28{,}3\cdot 10^4}{150} E = 0{,}80\cdot 10^3\cdot E$$

$$T_{23} = T_{2'3'} = \frac{G\cdot I^t}{l_2} = \frac{0{,}425\cdot 28{,}3\cdot 10^4}{450} E = 0{,}27\cdot 10^3\cdot E.$$

Faza I — *noduri fixe*

Rigle încovoiate M^y; Stîlpi răsuciţi M^t.

Momente de încastrare perfectă (pe nod):

$$\overline{M}^y_{11'} = \frac{1{,}00\cdot 60\cdot 140^2}{200^2} = +29{,}40 \text{ tcm} \quad \overline{M}^y_{1'1} = -12{,}60 \text{ tcm},$$

$$\overline{M}^y_{22'} = 29{,}40 + \frac{1{,}50\cdot 140\cdot 60^2}{200^2} = 48{,}30 \text{ tcm}$$

$$\overline{M}^y_{2'2} = -56{,}70 \text{ tcm}.$$

Coeficienţii de repartiţie

$$\text{Nodul 1}: r^i_{11'} = \frac{K}{\Sigma K + \Sigma T} = \frac{6{,}24}{6{,}24 + 0{,}80} = 0{,}886.$$

$$\text{Pe bară răsucită } r^t_{12'} = \frac{T}{\Sigma K + \Sigma T} = \frac{0{,}80}{6{,}24 + 0{,}80} = 0{,}114$$

$$\text{Nodul 2}: r^i_{22'} = \frac{6{,}24}{6{,}24 + 0{,}80 + 0{,}27} = 0{,}854$$

$$r^t_{21} = 0{,}109 \quad r^t_{23} = 0{,}037$$

În nodurile 1′ şi 2′, coeficienţii de repartiţie sînt aceiaşi ca în nodurile 1 şi 2.

Echilibrarea momentelor se vede din figura 8 (momente pe nod).

Faza II — *noduri deplasabile*

a) Deplasarea nodului 1

Pentru $\delta_1 = 1$ cm; $E = 180$ t/cm^2

$$\overline{M}^y_{11'} = \overline{M}^y_{1'1} = \frac{6\cdot E\cdot I_y}{l^2} = \frac{6\cdot 180\cdot 31{,}20\cdot 10^4}{200^2} = -8424 \text{ tcm}.$$

Coeficienţii de repartiţie pentru momente $\overline{M^y}$ (rigle încovoiate, stîlpi răsuciţi) sînt cei calculaţi pentru faza I.

b) Deplasarea nodului 2

Pentru $\delta_2 = 1$ cm, momentele $\overline{M^y}$ în nodurile 2 şi 2′ sînt aceleaşi ca mai sus:

$$\overline{M}^y_{22'} = \overline{M}^y_{2'2} = -8424 \text{ tcm}.$$

c—d) Deplasările nodurilor 1′ şi 2′

Aceste deplasări produc aceleaşi momente ca deplasările nodurilor 1 şi 2, însă cu semn schimbat.

$$M^{yi'}_q = -M^{yi}_q.$$

Rezultatele echilibrării momentelor se văd în figurile 10 şi 11 *.

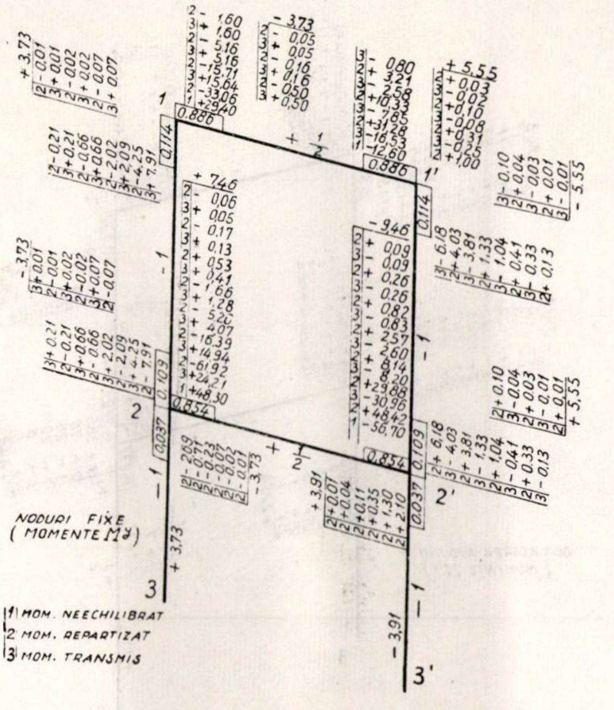


Fig. 8.

Momente M^x

Deplasarea nodurilor produce momente M^y (încovoieri în rigle şi răsuciri în stîlpi) şi în acelaşi timp momente M^x (încovoieri în stîlpi şi răsuciri în rigle).

a) Deplasarea nodului 1:

$$\overline{M}^x_{12} = \overline{M}^x_{21} = \frac{6\cdot E\cdot I_x}{l_1^2} = \frac{6\cdot 180\cdot 31{,}20\cdot 10^4}{150^2} = -$$

$$= -14\,970 \text{ tcm}.$$

Coeficienţii de repartiţie

$$\text{Nodul 1}: r^i_{12} = \frac{K}{\Sigma K + \Sigma T} = \frac{8{,}32}{8{,}32 + 0{,}60} = 0{,}932$$

$$r^t_{11'} = \frac{T}{\Sigma K + \Sigma T} = \frac{0{,}60}{8{,}32 + 0{,}60} = 0{,}068$$

$$\text{Nodul 2}: r^i_{21} = \frac{8{,}32}{8{,}32 + 2{,}77 + 0{,}60} = 0{,}712$$

$$r^i_{23} = 0{,}237 \quad r^t_{22'} = 0{,}051$$

În nodurile 1′ şi 2′, coeficienţii de repartiţie sînt aceiaşi ca în nodurile 1 şi 2.

---

* Din lipsă de spaţiu, nu s-au reprodus decît diagramele de echilibrare a momentelor din faza nodurilor fixe şi din deplasarea nodului 1 (M^x).

Echilibrarea momentelor se vede în figura 9.

b) Deplasarea nodului 2:

$$\overline{M}^x_{12} = \overline{M}^x_{21} = +14\,970 \text{ tcm}$$

$$\overline{M}^x_{23} = \overline{M}^x_{32} = \frac{6\cdot E\cdot I_x}{l_2^2} = \frac{6\cdot 180\cdot 31{,}2\cdot 10^4}{450^2} = -1\,663 \text{ tcm}.$$

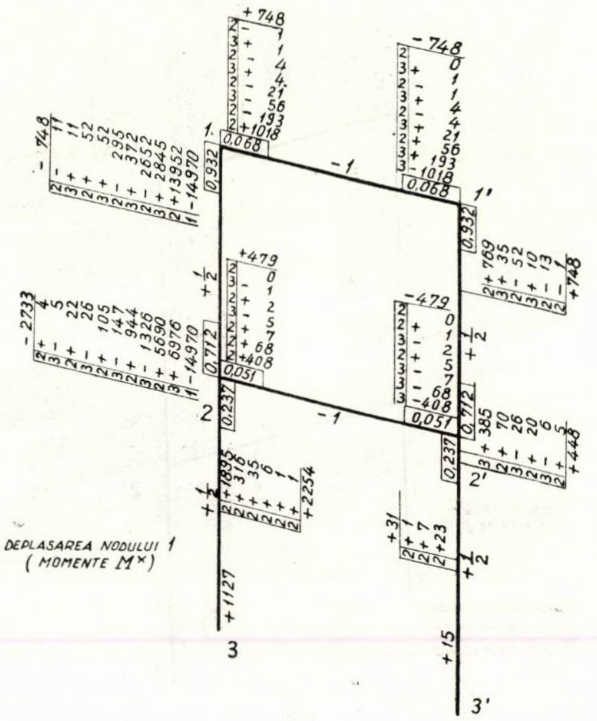

+748
-748
-1
-1
1
1'
2
2'
3
3'
0,932
0,068
0,712
0,051
0,237
+479
-479
-2733
+2254
+1127
+15
+31
+18
-18
DEPLASAREA NODULUI 1
(MOMENTE M^x)

Fig. 9.

c) Deplasarea nodului 1':

$\overline{M}^x_{1'2'} = \overline{M}^x_{2'1'} = -14\,970$ tcm, același ca la deplasarea nodului 1. Momentul final în nodul 1' va fi același cu momentul din nodul 1 la deplasarea nodului 1 $\left(M^{x1'}_{1'} = M^{x1}_{1}\right)$. Pentru celelalte noduri $M^{x1'}_q = M^{x1}_{q'}$, adică momentul din deplasarea 1, cu cadrul privit în oglindă.

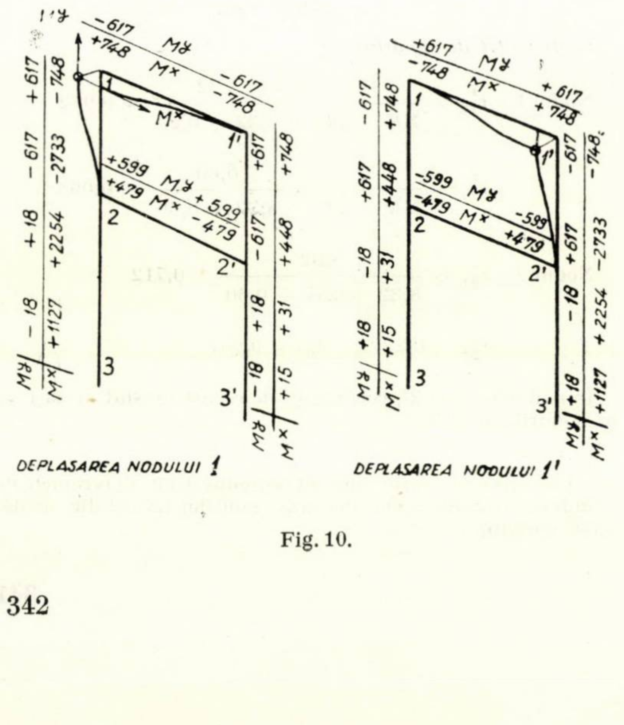

-617
+748
M^y
M^x
-617
-748
+599
+479
-599
-479
1
1'
2
2'
3
3'
+617
-2733
+18
+2254
-18
+1127
+448
+31
+15
DEPLASAREA NODULUI 1
DEPLASAREA NODULUI 1'

Fig. 10.

d) Deplasarea nodului 2'

$$\overline{M}^x_{2'1'} = \overline{M}^x_{1'2'} = +14\,970 \text{ tcm}$$

$$\overline{M}^x_{2'3'} = \overline{M}^x_{3'2'} = -1\,663 \text{ tcm}.$$

Avem, ca mai sus, $M^{x2'}_{2'} = M^{x2}_{2}$ și $M^{x2'}_q = M^{x2}_{q'}$.

Momentele finale din deplasările nodurilor se văd în figurile 10 și 11.

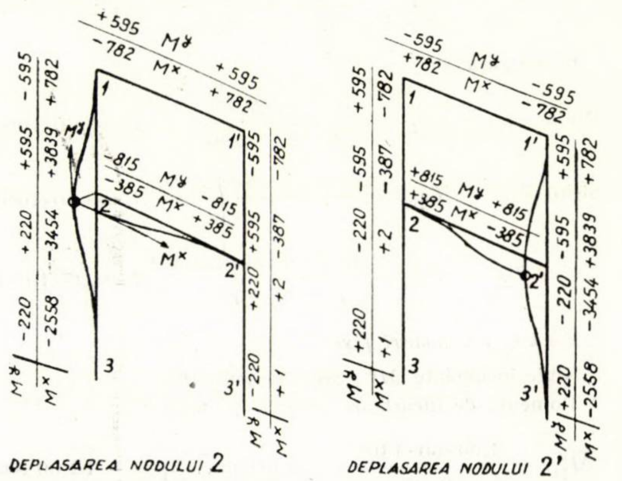

+595
-782
M^y
M^x
+595
+782
-815
-385
+815
+385
1
1'
2
2'
3
3'
+3839
-3454
+220
-220
-2558
-387
+2
+1
DEPLASAREA NODULUI 2
DEPLASAREA NODULUI 2'

Fig. 11.

Calculul forțelor tăietoare

Faza I — *noduri fixe* $\left(Z^I_{jk} = Z^0_{jk} + Z_{jk}\right)$

$$Z^0_{11'} = \frac{1{,}00\cdot 140}{200} = +0{,}70 \qquad Z^0_{1'1} = +0{,}30\ t$$

$$Z^0_{22'} = \frac{1{,}00\cdot 140 + 1{,}50\cdot 60}{200} = +1{,}15\ \text{t} \qquad Z^0_{22'} = +1{,}35\ \text{t}$$

$$Z_{11'} = \frac{5{,}55 - 3{,}73}{200} \sim +0{,}01\ \text{t} \qquad Z_{1'1} \sim -0{,}01\ \text{t}$$

$$Z_{22'} = \frac{-9{,}46 + 7{,}46}{200} = -0{,}01\ \text{t} \qquad Z_{2'2} = +0{,}01\ \text{t}$$

$$Z^I_1 = +0{,}70 + 0{,}01 = +0{,}71\ \text{t} \qquad Z^I_{1'} = +0{,}29\ \text{t}$$

$$Z^I_2 = +1{,}14\ \text{t} \qquad Z^I_{2'} = +1{,}35\ \text{t}.$$

Faza II — *noduri deplasabile*

1) *Forțe tăietoare din momente* M^y

a) Deplasarea nodului 1 (fig. 10):

$$Z^{y1}_1 = -\frac{2\cdot 617}{200} = -6{,}17\ \text{t} \qquad Z^{y1}_{1'} = +6{,}17\ \text{t}$$

$$Z^{y1}_2 = +\frac{2\cdot 599}{200} = +5{,}99\ \text{t} \qquad Z^{y1}_{2'} = -5{,}99\ \text{t}$$

b) Deplasarea nodului 2 (fig. 11)

$$Z^{y2}_1 = +\frac{2\cdot 595}{200} = +5{,}95\ \text{t} \qquad Z^{y2}_{1'} = -5{,}95\ \text{t}$$

$$Z^{y2}_2 = -\frac{2\cdot 815}{200} = -8{,}15\ \text{t} \qquad Z^{y2}_{2'} = +8{,}15\ \text{t}.$$

c–d) **Deplasările nodurilor 1′ și 2′:**

Ca și momentele, forțele tăietoare sînt egale cu cele produse de deplasările nodurilor 1 și 2 și de semn contrar $\left(Z_q^{yi'} = -Z_q^{yi}\right)$.

2) *Forțe tăietoare din momente* M^x

a) **Deplasarea nodului 1** (fig. 10):

$$Z_1^{x1} = \frac{-2\,733-748}{150} = -23{,}21\ \mathrm{t} \qquad Z_{1'}^{x1} = +7{,}97\ \mathrm{t}$$

$$Z_{23}^{x1} = \frac{+2\,254+1\,127}{450} = +7{,}51\ \mathrm{t} \qquad Z_{2'3'}^{x1} = +0{,}10\ \mathrm{t}$$

$$Z_2^{x1} = +23{,}21+7{,}51 = +30{,}72\ \mathrm{t}$$

$$Z_{2'}^{x1} = +7{,}97+0{,}10 = -7{,}87\ \mathrm{t}$$

$$Z_{3'}^{x1} = -7{,}51\ \mathrm{t}$$

$$Z_{3'}^{x1} = -0{,}10\ \mathrm{t}.$$

b) **Deplasarea nodului 2** (fig. 11):

$$Z_1^{x2} = \frac{+782+3\,839}{150} = +30{,}81\ \mathrm{t} \qquad Z_{1'}^{x2} = -7{,}80\ \mathrm{t}$$

$$Z_{23}^{x2} = \frac{-3\,454-2\,558}{450} = -13{,}36\ \mathrm{t} \qquad Z_{2'3'}^{x1} = +0{,}01\ \mathrm{t}$$

$$Z_2^{x2} = -30{,}81-13{,}38 = -44{,}17\ \mathrm{t}$$

$$Z_{2'}^{x2} = +7{,}80+0{,}01 = +7{,}81\ \mathrm{t}$$

$$Z_3^{x2} = +13{,}36\ \mathrm{t}$$

$$Z_{3'}^{x2} = -0{,}01\ \mathrm{t}.$$

c–d) **Deplasările nodurilor 1′ și 2′:**

Ca și momentele, forțele tăietoare din deplasarea 1′ (respectiv 2′) sînt aceleași ca în deplasarea 1 (respectiv 2) cu cadrul privit în oglindă, adică

$$Z_{i'}^{xi'} = Z_i^{xi} \quad \text{și} \quad Z_q^{xi'} = Z_{q'}^{xi}.$$

3. *Forțele tăietoare* ($Z^y + Z^x$) *în noduri*

După cum s-a arătat: $Z_q^j = Z_q^{xj} + Z_q^{yj}$.

a) **Deplasarea nodului 1:**

$$Z_1^1 = -23{,}21-6{,}17 = -29{,}38\ \mathrm{t}$$

Tot astfel: $Z_{1'}^1 = +14{,}14\ t \quad Z_2^1 = +36{,}71\ \mathrm{t}$

$$Z_{2'}^1 = -13{,}86\ \mathrm{t}.$$

b) **Deplasarea nodului 1′:**

$$Z_1^{1'} = +7{,}97+6{,}17 = +14{,}14\ \mathrm{t}$$

$$Z_{1'}^{1'} = -29{,}38\ t \qquad Z_2^{1'} = -13{,}86\ \mathrm{t}$$

$$Z_{2'}^{1'} = +36{,}71\ \mathrm{t}.$$

c) **Deplasarea nodului 2:**

$$Z_1^2 = +30{,}81+5{,}95 = +36{,}76\ \mathrm{t}$$

$$Z_{1'}^2 = -13{,}75\ \mathrm{t} \qquad Z_2^2 = -52{,}32\ \mathrm{t}$$

$$Z_{2'}^2 = +15{,}96\ \mathrm{t}.$$

d) **Deplasarea nodului 2′:**

$$Z_1^{2'} = -7{,}80-5{,}95 = -13{,}75\ \mathrm{t}$$

$$Z_{1'}^{2'} = +36{,}76\ \mathrm{t} \quad Z_2^{2'} = +15{,}96\ \mathrm{t}$$

$$Z_{2'}^{2'} = -52{,}32\ \mathrm{t}.$$

Se verifică – ceea ce se vede imediat – că din cauza simetriei avem:

$$Z_1^1 = Z_1^{1'}; \quad Z_{1'}^1 = Z_1^{1'}; \quad Z_2^1 = Z_{2'}^{1'}; \quad Z_{2'}^1 = Z_2^{1'};$$

$$Z_1^2 = Z_{1'}^{2'}; \quad Z_{1'}^2 = Z_1^{2'}; \quad Z_2^2 = Z_{2'}^{2'}; \quad Z_{2'}^2 = Z_2^{2'}.$$

Sistemul de ecuații este:

$$-29{,}38\cdot\delta_1 + 14{,}14\cdot\delta_{1'} + 36{,}76\cdot\delta_2 - 13{,}75\cdot\delta_{2'} + 0{,}71 = 0$$

$$+14{,}14\cdot\delta_1 - 29{,}38\cdot\delta_{1'} = 13{,}75\cdot\delta_2 + 36{,}76\cdot\delta_{2'} + 0{,}29 = 0$$

$$+36{,}71\cdot\delta_1 - 13{,}86\cdot\delta_{1'} - 52{,}32\cdot\delta_2 + 15{,}96\cdot\delta_{2'} + 1{,}14 = 0$$

$$-13{,}86\cdot\delta_1 + 36{,}71\cdot\delta_{1'} + 15{,}96\cdot\delta_2 - 52{,}32\cdot\delta_{2'} + 1{,}36 = 0.$$

Rezolvînd sistemul, obținem:

$$\delta_1 = 1{,}676 \qquad \delta_{1'} = 1{,}635$$

$$\delta_2 = 1{,}088 \qquad \delta_{2'} = 1{,}061.$$

Momentul (cu semnul momentelor pe nod)

1) *Momente încovoietoare*

a) **Rigle** (M^y):

$$M_{11'} = -3{,}73 + (-617\cdot 1\cdot 676 + 617\cdot 1{,}635 + $$
$$+ 595\cdot 1{,}088 - 595\cdot 1{,}061) = -12{,}96\ \mathrm{tcm}$$

$M_{1'1} = -3{,}68$ tcm; $M_{22'} = +10{,}02$ tcm; $M_{2'2} = -6{,}90$ tcm.

b) **Stîlpi** (M^x):

$$M_{12} = -748\cdot 1{,}676 + 748\cdot 1{,}635 + 782\cdot 1{,}088 - 782\cdot 1{,}061 = $$
$$= -9{,}58\ \mathrm{tcm}$$

$M_{21} = -81{,}81$ tcm; $M_{1'2'} = +9{,}58$ tcm; $M_{2'1'} = -65{,}69$ tcm;

$M_{23} = +72{,}55$ tcm

$M_{32} = -868{,}67$ tcm; $M_{2'3'} = +74{,}74$ tcm;

$M_{3'2'} = -845{,}17$ tcm.

2) *Momente de răsucire*

a) **Rigle** (M^x):

$M_{11'} = 748\cdot 1{,}676 - 748.1{,}635 - 782\cdot 1{,}088 + 782\cdot 1{,}061 =$
$= +9{,}58$ tcm.

$M_{1'1} = -9{,}58$ tcm; $M_{22'} = +9{,}25$ tcm; $M_{2'2} = -9{,}25$ tcm.

b) **Stîlpi** (M^y):

$M_{12} = +3{,}73 + (+617\cdot 1{,}676 - 617\cdot 1{,}635 - 595\ 1{,}088 +$
$+ 595\cdot 1{,}061) = +12{,}96$ tcm.

$M_{21} = -12{,}96$ tcm; $M_{1'2'} = +3{,}68$ tcm; $M_{2'1'} = -3{,}68$ tcm;

$M_{23} = +2{,}95$ tcm; $M_{32} = -2{,}95$ tcm; $M_{2'3'} = +10{,}59$ tcm;

$M_{3'2'} = -10{,}59$ tcm.

Momentele pe bare sînt cele de mai sus cu semnul schimbat.

Momente încovoietoare în rigle

1) **Rigla 11′** (fig. 12):

$$M_q = +12{,}96 + 0{,}71\cdot 60 - \frac{2\cdot 9{,}23}{200}60 = +50{,}16\ \mathrm{tcm}.$$

2) Rigla 22′:

$$M_a = -10{,}02 + 1{,}14\cdot 60 + \frac{2\cdot 2{,}56}{200}\,60 = +59{,}58\ \text{tcm},$$

$$M_b = -10{,}02 + \left(1{,}14 + \frac{2\cdot 2{,}56}{200}\cdot 140\right) - 1{,}00\cdot 80 =$$
$$= +72{,}38\ \text{tcm}.$$

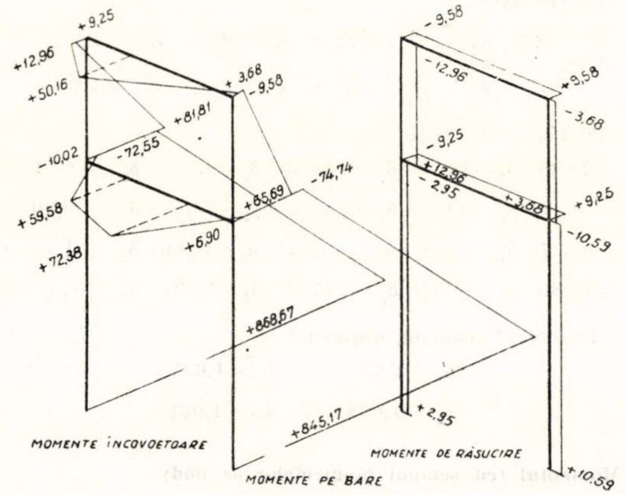


Fig. 12.

Verificarea echilibrului unui nod (nodul 2)

$$M^y_{22'} + M^y_{23} + M^y_{21} = 0 \text{ sau}$$
$$+10{,}02 + 2{,}95 - 12{,}96 = +12{,}97 - 12{,}96 \sim 0.$$
$$M^x_{22'} + M^x_{23} + M^x_{21} = 0 \text{ sau}$$
$$+9{,}25 + 72{,}55 - 81{,}81 = +81{,}80 - 81{,}81 \sim 0.$$

Verificarea echilibrului exterior

Suma forţelor exterioare = + 2.1,00 + 1,50 = + 3,50 t

$$Z_3 = -7{,}51\cdot 1{,}676 - 0{,}10\cdot 1{,}635 + 13{,}36\cdot 1{,}088 - 0{,}01\cdot 1{,}061$$
$$Z_{3'} = -0{,}10\cdot 1{,}676 - 7{,}51\cdot 1{,}635 - 0{,}01\cdot 1{,}088 + 13{,}36\cdot 1{,}061$$
$$Z_3 + Z_{3'} = -7{,}61(1{,}676 + 1{,}635) + 13{,}35(1{,}088 + 1{,}061) =$$
$$= +3{,}493\ \text{t, pe bară} - 3{,}495\ \text{t}$$
$$+3{,}50 - 3{,}493 \sim 0.$$

Diagramele momentelor de încovoiere şi răsucire pe bare sînt arătate în figura 12.

Bibliografie

[1] Agent, R. *Metoda aproximaţiilor succesive.* Editura de stat pentru arhitectură şi construcţii, Bucureşti, 1955.

[2] Filonenco Borodici, M. M. *Curs de rezistenţa materialelor,* Partea a II-a. Editura tehnică, Bucureşti, 1952.

[3] Hirschfeld, K. *Baustatik.* Springer-Verlag, Berlin, 1959.

[4] Mateescu, C. *La résolution des systèmes hyperstatiques par deux méthodes récentes.* Imprimeria naţională, Bucureşti, 1938.

[5] Mazilu, P. *Statica construcţiilor,* vol. II, Editura tehnică, Bucureşti, 1956.

[6] Nedelcu, O. şi Loewenton, M. *Determinarea eforturilor de torsiune în sisteme cu bare torsionate şi bare încovoiate,* Cabinet tehnic ISPE, Bucureşti, 1953.

[6] Popovici, C. C. *O teorie generală a metodei distribuirii eforturilor.* Studii şi cercetări de mecanică aplicată, 3, 1956. Editura Academiei Republicii Populare Romîne.

Calculul economic al canalelor de aducţiune energetice

Ing. *ALEXANDRU MAZILU*

Determinarea secţiunii de scurgere a unei aducţiuni se face pe baza unui calcul tehnico-economic, în care sînt comparate cheltuielile anuale de exploatare (care cresc o dată cu investiţia şi deci cu dimensiunile secţiunii) cu costul pierderilor anuale de putere şi energie (care scad cu creşterea dimensiunilor secţiunii). Rezultă deci că soluţia optimă reprezintă minimul sumei celor două componente amintite mai sus.

În cele ce urmează vom analiza problema economică pentru cazul aducţiunilor hidroenergetice cu scurgere liberă, de tipul canalelor deschise.

După cum se va vedea, acest caz nu reprezintă o limitare a problemei economice, fiind, după părerea noastră, cazul cel mai general al aducţiunilor deschise.

Astfel, spre deosebire de aducţiunile sub presiune, la care secţiunea de scurgere, fiind în majoritatea cazurilor circulară, este deci definită – de un singur parametru de formă (diametrul interior), – la aducţiunile deschise, atunci cînd sînt cunoscute condiţiile de teren care impun o anumită înclinare a taluzelor, secţiunea este caracterizată prin doi parametri, şi anume :

b — lăţimea la fund, sau baza mică a trapezului secţiunii ;
h_0 — adîncimea de curgere a debitului de calcul în regim uniform.

În cazul ideal de calcul, adică atunci cînd condiţiile reale de teren nu au importanţă sau ar putea fi pur şi simplu neglijate, între aceste două mărimi se poate scrie o relaţie care rezultă din faptul că, pentru aceeaşi pantă hidraulică şi pentru acelaşi debit, suprafaţa secţiunii de transport este minimă. Acest lucru este echivalent cu a pune condiţia ca, la o anumită secţiune hidraulică, raza hidraulică să fie maximă, sau ca trapezul secţiunii să fie circumscris unui semicerc avînd raza egală cu h_0. Relaţia care apare în aceste condiţii între b şi h_0 este :

$$\frac{b}{h_0} = 2\left(\sqrt{1 + m^2} - m\right).$$

Relaţia de mai sus permite ca şi la canalele de aducţiune secţiunea să fie caracterizată printr-un singur parametru.

În realitate însă, pentru valori ale înclinării taluzelor m cuprinse între 1,5 şi 3, lăţimea la fund b variază între $b = 0{,}60\ h_0$ şi $b = 0{,}32\ h_0$, fapt care face ca execuţia canalelor să nu mai poată fi complet mecanizată. Pe de altă parte, prin micşorarea lui b, se măreşte h_0, şi acest lucru poate duce la creşterea excavaţiilor sub nivelul apelor subterane, a celor în stîncă etc., ceea ce, la rîndul său, modifică în mod sensibil aspectul economic al problemei. În consecinţă, în practică, această relaţie nu este determinantă, şi studiul tehnico-economic care ţine seamă de toate condiţiile reale ale problemei nu poate fi făcut decît luînd simultan în consideraţie cei doi parametri ai secţiunii b şi h_0.

În acelaşi timp, parametrii b şi h_0 nu sînt independenţi unul faţă de celălalt, ei fiind legaţi prin relaţia :

$$\omega = bh_0 + mh_0^2. \tag{1}$$

Prin urmare, pentru un traseu dat şi o pereche de valori b şi h_0, investiţia în aducţiune I_1 este funcţie de cantităţile diferitelor lucrări şi de preţurile unitare ale acestor lucrări. În acelaşi timp, pentru o pereche de valori b şi h_0, fiind dat tipul protecţiei fundului şi taluzelor secţiunii, rezultă o anumită pierdere de sarcină pe canal, căreia, la debitul asigurat, îi corespunde o pierdere de putere definită de relaţia :

$$\Delta P = 9{,}81\, \eta\, Q_{as}\, h_r, \tag{2}$$

în care η este randamentul total al centralei, Q_{as} — debitul asigurat, iar h_r reprezintă pierderile de sarcină pe întreaga lungime a canalului.

Această pierdere de putere, însă, trebuie să fie compensată prin instalarea unei puteri egale în alte unităţi energetice, lucru care necesită o investiţie I_2.

Cele două investiţii nu se pot face decît în intervale finite de timp, care în majoritatea cazurilor depăşesc durata mijlocie a rotaţiei fondurilor, şi, în acest fel, în perioada contrucţiei sînt blocate anumite fonduri, egale în total cu investiţiile menţionate. Utilizarea acestor fonduri în alte ramuri ale producţiei ar contribui la reproducţia lor lărgită în intervale mai mici decît perioada de construcţie.

În această situaţie, pentru o mai corectă apreciere a eficienţei economice a lucrării considerate pe ansamblul economiei naţionale, investiţiile reale trebuie majorate. Admiţînd că distribuţia fondurilor se face uniform pe toată durata de τ ani a construcţiei, valoarea teoretică pentru calculul economiei investiţiei va fi :

$$\overline{I} = \frac{I}{\tau} \left\{ \frac{1+p}{p} \left[(1+p)^{\tau} - 1 \right] \right\} = Ip',$$

unde p este rata reproducţiei lărgite în ramura respectivă de economie. În sectorul energetic, în perioada actuală, această rată este cuprinsă între 0,100 şi 0,125, ceea ce înseamnă că timpul de răscumpărare este cuprins între 10 şi 8 ani.

Ţinînd seama de cele de mai sus, investiţia totală teoretică de calcul va fi :

$$\overline{I} = \overline{I}_1 + \overline{I}_2 = I_1 p_1' + I_2 p_2', \tag{3}$$

sau, punînd :

v_i — volumul diferitelor categorii de lucrări ;
c_i — costul corespunzător al acestor lucrări ;
β — costul instalării unei unităţi de putere înlocuită,

relaţia (3) devine :

$$\overline{I} = p_1' \sum_1^r c_i v_i + p_2' \beta \Delta P, \tag{4}$$

r fiind numărul de lucrări diferite între ele.

Aceste investiţii conduc la cheltuieli anuale, care sînt alcătuite din cheltuielile de amortizare, cheltuielile pentru reparaţiile curente, mijlocii şi capitale, precum şi din cheltuieli de exploatare corespunzătoare puterii pierdute. Pentru diferite tipuri de lucrări şi instalaţii, cheltuielile anuale sînt caracterizate printr-un anumit procent a din investiţia teoretică.

Astfel, la lucrările de terasamente, el este de 1,25 %, la cele de construcţii (betoane) — de 2,5 % şi la echipament — de 4...5 %.

Pe de altă parte, trebuie însă să ţinem seamă de reproducţia lărgită a investiţiei, caracterizată prin durata de răscumpărare T.

În consecinţă, cheltuielile teoretice totale anuale vor fi :

$$A_1 = \left(a_1 + \frac{1}{T}\right) \overline{I}_1 + \left(a_2 + \frac{1}{T}\right) \overline{I}_2 + \gamma \Delta P,$$

în care γ reprezintă cheltuielile de exploatare anuale exclusiv cheltuielile cuprinse în a_2 şi costul combustibilului unităţii de putere pierdută. Ţinînd seamă de (4), relaţia de mai sus devine :

$$A_1 = p_1' \left[\sum_1^r a_i c_i v_i + \frac{1}{T} \sum_1^r c_i v_i \right] + p_2' \left(a_2 + \frac{1}{T}\right) \beta \Delta P + \gamma \Delta P. \tag{5}$$

După cum am mai spus, cheltuielile anuale corespunzătoare investiţiilor trebuie comparate cu costul energiei pierdute anual. Dacă vom nota cu ΔE energia pierdută prin pierderi de sarcină hidraulică şi cu e costul combustibilului pentru un kilowatt-oră de înlocuire, costul energiei pierdute în aceast caz va fi :

$$A_2 = e \Delta E. \tag{6}$$

Dacă prin ΔE vom înţelege aici nu energia corespunzătoare puterii asigurate, ci energia corespunzătoare debitului trecut în cursul unui an prin aducţiune, relaţia (5) devine :

$$\Delta E = 9{,}81 \cdot \eta \cdot \int_0^T Q\, h_r\, \mathrm{d}t = 9{,}81 \cdot \eta \times 8\,760 \cdot \overline{Q}_m \cdot \overline{i}_m \cdot L \tag{7}$$

unde $\overline{Q}_m$ este debitul la care, funcţionînd constant un an, se produc aceleaşi pierderi de energie. Dacă i_m este independent de $\overline{Q}_m$, atunci $\overline{Q}_m$ este debitul mediu turbinat.

Determinarea debitului mediu turbinat trebuie făcută cu ajutorul curbei de durată a debitelor în cursul anului normal. Dacă Q_0 este debitul instalat al centralei, Q_{min} — valoarea minimă a debitului la care centrala încă mai produce putere, R_0 şi R_{min} — duratele corespunzătoare acestor debite, iar R — întreaga perioadă considerată, valoarea debitului mediu va fi definită de relaţia (fig. 1) :

$$Q_m = \frac{1}{R} \left[Q_0 R_i + \int_{R_0}^{R_{min}} Q \mathrm{d}r - \int_{R_{min}}^{R} Q \mathrm{d}r \right]. \tag{9}$$

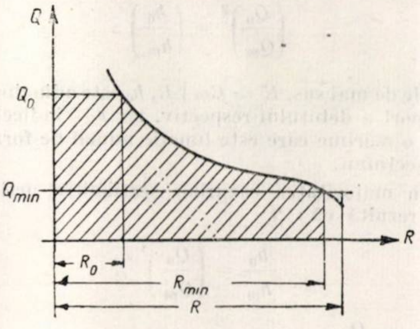


Fig. 1.

Este de reţinut că ultima integrală din această relaţie are o importanţă neglijabilă din punct de vedere practic, aşa că ea se poate considera nulă.

Urmează acum să determinăm valoarea pierderilor de sarcină corespunzătoare acestui debit mediu. În practică se întîlnesc două tipuri funcţionale de canale.

1. Canale fără reglaj, la care deosebim următoarele două situaţii :

a) Canale la care nivelul aval se menţine constant printr-un deversor cu creastă fixă, adică nivelul la camera de încărcare este menţinut constant. În acest caz, pierderea de sarcină, indiferent de debit, va fi egală cu pierderea de sarcină corespunzătoare debitului instalat (creasta deversorului se aşază la nivelul corespunzător debitului instalat, pentru ca orice debit mai mare decît debitul instalat să poată fi evacuat). Prin urmare, relaţia (8) va fi:

$$\Delta E = Q_m i_0 L \times 9{,}81\, \eta \times 8\,760. \qquad (10)$$

b) Canale la care există numai reglaj la turbină, astfel încît debitul venit pe aducţiune este integral consumat de centrală. Aceasta înseamnă că toate debitele sînt transportate în regim uniform, cu adîncimi normale mai mici decît adîncimea normală a debitului instalat.

Din figura 2 vedem că

$$H_m = H + \zeta = H + h_0 - h_m = i_0 L + h_0 - h_m. \qquad (10\ a)$$

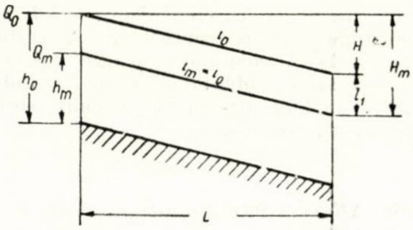


Fig. 2.

Pe de altă parte, întrucît $i_m = i_0$, putem scrie:

$$\frac{Q_0}{Q_m} = \frac{\omega_0 R_0^{2/3}}{\omega_m R_m^{2/3}}. \qquad (11)$$

Cazul studiat nu poate să apară decît în situaţia uzinelor pe firul apei, la care raportul dintre debitul instalat şi debitul mediu este mic $\left(\text{de obicei } \frac{Q_0}{Q_m} = 1{,}30\right)$.

Atunci, în baza relaţiei lui Bahmeteev:

$$\left(\frac{K_0}{K_m}\right)^2 = \left(\frac{h_0}{h_m}\right)^x$$

şi ţinînd seamă că $K = \frac{Q}{\sqrt{i}}$, iar $i_0 = i_m$, putem scrie:

$$\left(\frac{Q_0}{Q_m}\right)^2 = \left(\frac{h_0}{h_m}\right)^x.$$

În relaţiile de mai sus, $K = C\omega\sqrt{R}$, h_0 este adîncimea normală de transport a debitului respectiv, iar x — indicele hidraulic al albiei, o mărime care este funcţie numai de forma geometrică a secţiunii.

Cum în majoritatea cazurilor secţiunilor artificiale $x \simeq \simeq 4{,}00$, rezultă că:

$$\frac{h_0}{h_m} = \left(\frac{Q_0}{Q_m}\right)^{1/2},$$

sau, punînd $\frac{Q_0}{Q_m} = 1{,}30$,

$$\frac{h_0}{h_m} = 1{,}14. \qquad (12)$$

Revenind la relaţia (11) şi notînd $\omega = h^2(\beta + m)$ şi $\chi = h(\beta + m')$, $R = \frac{\omega}{\chi}$, $\beta = \frac{b}{h}$, $m' = 2\sqrt{1 + m^2}$, vom avea:

$$\frac{Q_0}{Q_m} = \frac{h_0^{8/3}(\beta_0 + m)^{5/3}(\beta_m + m')^{2/3}}{h_m^{8/3}(\beta_m + m)^{5/3}(\beta_0 + m')^{2/3}}. \qquad (13)$$

Printr-un calcul aritmetic se poate demonstra că pentru valori ale lui m cuprinse între 0 şi 4 şi valori ale lui β_0 cuprinse între 1 şi 10, adică pentru majoritatea cazurilor practice, deci atunci cînd în baza relaţiei (12) avem:

$$\beta_m = \frac{b}{0{,}86\, h_0} = 1{,}14\, \beta_0,$$

valorile fracţiei

$$F = \frac{(\beta_0 + m)^{5/3}(\beta_m + m')^{2/3}}{(\beta_m + m)^{5/3}(\beta_0 + m')^{2/3}}$$

sînt cuprinse între 0,82 şi 0,96, adică se poate lua aproximativ

$$F \simeq 0{,}9.$$

În aceste condiţii, relaţia (13) devine:

$$\frac{Q_0}{Q_m} = 0{,}9\left(\frac{h_0}{h_m}\right)^{8/3},$$

sau, mai departe

$$\frac{h_0}{h_m} = 1{,}04\left(\frac{Q_0}{Q_m}\right)^{3/8}.$$

Notînd $\psi = \left(\frac{Q_0}{Q_m}\right)^{3/8}$, rezultă:

$$h_m = \frac{h_0}{1{,}04\,\psi},$$

şi relaţia (10a) devine:

$$H_m = i_0 L + h_0\left(1 - \frac{1}{1{,}04\,\psi}\right).$$

În consecinţă puterea medie trebuie calculată cu relaţia:

$$\Delta E = 9{,}81\, \eta\, Q_m\left[i_0 L + h_0\left(1 - \frac{1}{1{,}04\psi}\right)\right] \times 8760. \qquad (14)$$

2. Canale cu autoreglaj, la care se păstrează adîncimea constantă în secţiunea iniţială a canalului, nivelele debitelor mai mici decît debitul instalat fiind situate peste nivelul corespunzător acestui debit. În acest caz, pierderea de sarcină este definită de relaţia:

$$H_m = i_m L,$$

sau (fig. 3)

$$H_m = h_0 + i_0 L - h_2. \qquad (15)$$

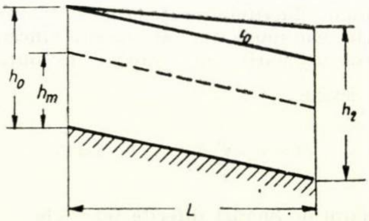


Fig. 3.

Între adîncimile h_0 şi h_2 se poate scrie relaţia mişcării permanente neuniforme:

$$\frac{i_0 L}{h_m} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j)\,[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)]$$

în care

$$\eta_1 = \frac{h_0}{h_m} \quad \text{şi} \quad \eta_2 = \frac{h_2}{h_m}.$$

Această ecuaţie scrisă sub forma

$$\frac{i_0 L}{h_m} + \eta_1 - (1 - j)\,\varphi(\eta_1) = \eta_2 - (1 - j)\,\varphi(\eta_2).$$

sau, mai departe

$$\frac{i_0 L}{h_m} + \Delta\eta_1 = \Delta\eta_2 \tag{15a}$$

poate fi rezolvată direct cu ajutorul unor tabele pentru cazul mişcărilor lente, pentru valori ale lui j cuprinse între 0 şi 1 şi pentru valori ale indicelui hidraulic al albiei x cuprinse între 3,00 şi 4,50.

După cum vedem, în acest caz variaţia pierderilor de sarcină funcţie de debit nu se mai face după o lege pătratică, ci după legea care este definită de relaţia (15) prin intermediul relaţiei (15a). În consecinţă, energia medie va fi:

$$\Delta E = 9{,}81 \times 8760\,\eta \cdot \frac{1}{R}\Big[Q_0 R_0 i_0 L + \\ + \int_{R_{min}}^{R_0} Q\,(h_0 + i_0 L - h_2)\,\mathrm{d}r\Big]. \tag{16}$$

Calculul integralei se face prin diferenţe finite sau grafo-analitic, determinînd valoarea parantezei de sub semnul integral pentru diferitele debite luate în consideraţie şi făcînd produsul dintre ele.

Odată stabilite cele de mai sus, ecuaţia de condiţie pentru calculul tehnico-economic al secţiunii canalelor devine:

$$p_1'\left[\sum_1^r a_i c_i v_i + \frac{1}{T}\sum_1^r c_i v_i\right] + p_2'\left(a_2 + \frac{1}{T}\right)\beta\Delta P_s + \\ + \gamma\Delta P + e\Delta E = \min. \tag{17}$$

În final trebuie să reţinem că expresia de mai sus, în forma sa generală, se poate scrie astfel:

$$F(b, h) = \min, \tag{18}$$

pentru că toate mărimile care o alcătuiesc sînt funcţie numai de aceste două variabile: lăţimea la fund a canalului, b, şi adîncimea de transport a apei, h.

Modul de rezolvare practică a problemei se face în felul următor. Avînd profilul longitudinal al traseului aducţiunii şi cunoscînd cota apei în secţiunea iniţială sau finală a acestei aducţiuni, vom putea aşeza pe acest profil berma canalului, adăugînd la cota cunoscută a apei garda necesară funcţie de debit (la debite cuprinse între 1 şi 300 m³/s ea variază între 30 şi 120 cm).

Pentru că panta fundului canalului este o mărime care apare ca un rezultat al studiului ce urmează a fi efectuat, este necesar să se găsească o posibilitate de a fixa iniţial această mărime, astfel încît să nu fim siliţi a face un calcul prin aproximaţii succesive, lucru care ar fi extrem de laborios.

Pentru a evita aceasta, autorul, în baza analizării unui număr de şapte canale mari, proiectate şi construite la noi în ţară — în condiţiile de preţuri unitare de la noi —, propune următoarea formulă pentru determinarea prealabilă a pantei fundului:

$$i = \frac{0{,}145\,Q}{Q - 7}. \tag{19}$$

Fiind fixată poziţia bermei canalului, trecem la determinarea cantităţilor de lucrări. Pentru cazul canalelor aşezate în zone de cîmpie, la care panta transversală a terenului în secţiunea canalului este neglijabilă, se pot scrie formulele de mai jos, în funcţie de poziţia canalului în raport cu terenul:

a) canal numai în săpătură:

$$S = m_2 x^2 + (2a + 2m_1 c + b)\,x + bc + m_1 c^2; \tag{20}$$

b) canal numai în umplutură:

$$U = m_2 x^2 + (2a + 2m_1 c + b)\,x - bc - m_1 c^2; \tag{21}$$

c) canal în profil mixt:

$$S = m_1 x^2 - (b + 2m_1 c)\,x + m_1 c^2 + bc$$

$$U = (m_1 + m_2)\,x^2 + 2ax. \tag{22}$$

Suprafaţa de protejat este în toate cazurile aceeaşi, şi anume:

$$P = b + 2c\sqrt{1 + m_1^2} = b + m_1' c. \tag{23}$$

Pentru notaţiile din formulele de mai sus se vor vedea desenele din figura 4.

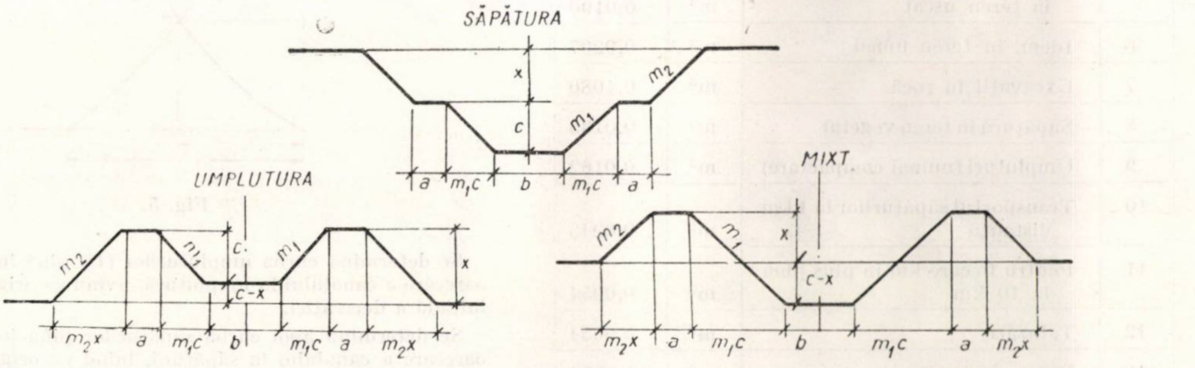


Fig. 4.

Variabila c, care intră în aceste formule, funcţie de natura aducţiunii studiate, se exprimă astfel:

La canalele cu autoreglaj, care au berma orizontală, valoarea lui c este funcţie de poziţia l_z a secţiunii în profilul în lung şi este dată de relaţia:

$$c = h_0 + \delta_0 + d_0 + i_0 l_z, \tag{24}$$

în care:

h_0 este adîncimea de transport a debitului instalat în regim uniform;
δ_0 — grosimea cămăşuielii (cînd aceasta există);
d_0 — garda de siguranţă a canalului;
l_z — poziţia secţiunii de calcul în raport cu originea canalului;
i_0 — panta fundului.

La canalele fără reglaj, mărimea c este o constantă, fiind egală cu:

$$c = h_0 + \delta_0 + d_0. \tag{25}$$

Analizînd structura acestor ecuaţii, observăm că, datorită felului în care s-a ales mărimea x (distanţa dintre teren şi linia bermei canalului), ea îşi pierde caracterul de variabilă, întrucît atît terenul cît şi poziţia bermei sînt definitivate prin fixarea traseului în plan.

În aceste condiţii, forma generală a ecuaţiilor cantităţilor de lucrări este:

$$v = Ab + Bh_0 + Ch_0b + Dh_0^2. \qquad (26)$$

Prin urmare, dacă vom fixa una din variabile (mai comod b), vom putea calcula valorile funcţiei v pentru diferite valori ale variabilei h_0.

Procedînd în acelaşi fel pentru alte valori ale lui b, vom obţine o familie de valori b şi h_0, care definesc familia de curbe (26).

Pentru simplificarea calculelor se pot utiliza coeficienţii de echivalenţă a diferitelor categorii de lucrări cu betonul. Valorile acestor coeficienţi obţinuţi pe baza proiectelor întocmite în ISPE în perioada 1956—1963 sînt arătate în tabela 1.

Tabela 1

Indici de preţ pentru lucrări de construcţii

Nr. crt.	Denumirea şi felul lucrării	Unit. de măs.	Indice echivalent beton
1	Săpături în teren uscat, mecanizate	m³	0,0162
2	Idem, manuale	m³	0,0270
3	Săpături în teren umed, mecanizate	m³	0,0190
4	Idem, manuale	m³	0,0540
5	Preţ mediu pentru săpături în teren uscat	m³	0,0190
6	Idem, în teren umed	m³	0,0297
7	Excavaţii în rocă	m³	0,1080
8	Săpătură în teren vegetal	m³	0,0135
9	Umpluturi (numai compactare)	m³	0,0162
10	Transportul săpăturilor la 1 km distanţă	m³	0,0243
11	Pentru fiecare km în plus pînă la 10 km	m³	0,0054
12	Taluzări	m³	0,0054
13	Pereu de beton	m³	1,0000
14	Pereu de piatră sau bolovani	m³	0,5400
15	Anrocamente din piatră sau bolovani	m³	0,3250
16	Armături	kg	0,0108

Pentru determinarea valorii următorilor termeni ai ecuaţiei (17) este necesar să calculăm puterea pierdută, P. Dar, ţinînd seama de relaţia (2), constatăm că ea conţine numai variabila h_r, care la rîndul său este definită de expresia:

$$h_r = i_0L = \frac{V^2}{C^2R} = \frac{Q^2n^2}{\omega^2R^{4/3}} = Q^2n^2\,F_1\,(b_1h_0). \qquad (27)$$

Este deci iarăşi vorba de o funcţie de aceleaşi două variabile ca şi în cazul ecuaţiei (26).

Procedînd la fel ca mai sus, adică fixînd una din variabile şi variind pe cealaltă, vom obţine familia de valori care definesc familia de curbe (27).

Înmulţind aceste valori cu factorii constanţi corespunzători, vom obţine valorile celorlalţi termeni ai ecuaţiei (17).

Determinarea secţiunii economice a unei aducţiuni constituie însă numai rezolvarea unei părţi a problemei generale a economiei aducţiunilor. Într-adevăr, prin aflarea secţiunii economice este rezolvat numai aspectul energetic al problemei. Ea însă comportă şi un alt aspect, anume aspectul economiei terasamentelor.

Vom analiza în cele ce urmează problema economiei terasamentelor în cazul canalelor executate în regiuni cu relief calm, unde nu există zone de concentrare a căderii, aceasta din urmă realizîndu-se în mod artificial, construindu-se canalul de aducţiune în umplutură, iar cel de fugă în săpătură.

La acest gen de construcţii trebuie să se stabilească poziţia centralei, astfel încît costul lucrărilor de terasamente, în condiţiile date ale problemei respective, să fie minim.

Alegerea corectă a poziţiei centralei pe un canal la care compensarea terasamentelor se face în lungul său este un lucru de importanţă deosebită. Astfel, în cazul unei construcţii executate la noi în ţară, alegerea poziţiei centralei cu 100 m în amonte de poziţia optimă ar fi dus la un exces de săpături de circa 50 000 m³, iar poziţia situată cu 100 m aval de poziţia optimă ar fi dus la un spor de umplutură de 70 000 m³ şi în acelaşi timp ar fi necesitat şi realizarea unor gropi de împrumut corespunzătoare acestei cantităţi.

În general, în cazul menţionat de noi se deosebesc două situaţii, şi anume situaţia în care compensarea terasamentelor se face exclusiv în lungul derivaţiei, fără a apela la gropi de împrumut, şi situaţia în care compensarea se face şi în lung şi lateral, făcîndu-se gropi de împrumut.

Atunci cînd compensarea terasamentelor se face numai în lungul derivaţiei apar următoarele cazuri particulare:

a) Fiind dat profilul în lung al terenului pe traseul unei derivaţii hidrotehnice, precum şi cotele iniţială şi finală ale derivaţiei, se cere să se fixeze poziţia centralei hidroelectrice astfel încît terasamentele să se compenseze.

Problema se rezolvă în felul următor (fig. 5):

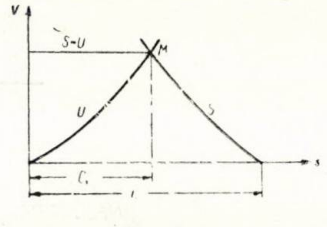


Fig. 5.

Se determină curba umpluturilor (U) pînă într-o secţiune oarecare a canalului în umplutură, avînd ca origine secţiunea iniţială a derivaţiei.

Se determină apoi curba săpăturilor pînă într-o secţiune oarecare a canalului în săpătură, luînd ca origine secţiunea finală a derivaţiei.

Punctul de intersecţie a celor două curbe, M, reprezintă soluţia problemei, întrucît în el avem satisfăcută condiţia $S = U$.

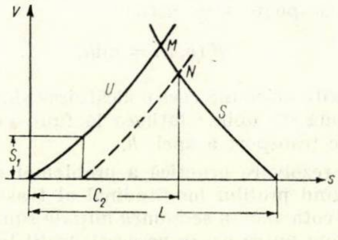


Fig. 6.

b) În cadrul problemei de mai sus, în afara volumului de pămînt rezultat din canalul în săpătură, mai există un volum disponibil de pămînt (fig. 6), reprezentat de segmentul S_1.

Rezolvarea problemei se face astfel: se determină pe curba umpluturilor punctul în care $U = S_1$. Prin proiecţia acestui punct pe axa absciselor se translatează curba umpluturilor. Punctul de intersecție N a curbei translatate U' cu curba săpăturilor reprezintă soluția problemei, respectiv poziția căutată a centralei.

c) În condițiile primei probleme există un deficit de pămînt U_1, care trebuie acoperit din săpăturile de la canal. Problema se rezolvă principial la fel ca și în cazul precedent. Pe curba săpăturilor se determină punctul pentru care este satisfăcută egalitatea $S = U_1$. Prin proiecția acestui punct pe axa absciselor se translatează curba săpăturilor, punctul de intersecție P dintre curba translatată și curba umpluturilor reprezentînd soluția căutată (fig. 7).

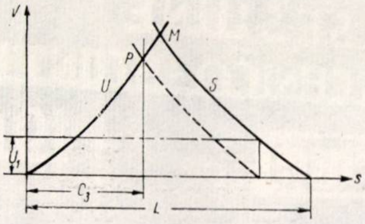


Fig. 7.

În situația în care compensarea terasamentelor se face și în lung și lateral, problema se enunță astfel : se cere să se determine poziția centralei, știind că în lungul derivației există posibilitatea de a lua pămînt atît din porțiunea de derivație executată în săpătură, cît și din gropi de împrumut situate la o distanță constantă față de derivație. Se cunoaște costul transportului pămîntului din gropile de împrumut α_0 și se consideră că variația costului transportului funcție de distanță este exprimată de relația :

$$\beta_x = \beta_0 + \beta d_x,$$

în care, conform legislației în vigoare la noi în țară, β_0 este o constantă care exprimă costul transportului pe primul kilometru, d_x — distanța de transport, iar β — un coeficient care se poate exprima aproximativ prin relația :

$$\beta = 2{,}2 - \frac{2{,}2}{d_x}.$$

În acest caz, costul transportului se va exprima cu relația :

$$\beta_x = \beta_0 + 2{,}2\, d_x - 2{,}2.$$

Să considerăm figura 8. Vom asimila curbele săpăturilor și umpluturilor cu dreptele AC_1 și C_1B. Să luăm o distanță arbitrară $AE = \lambda$, care determină punctul D pe dreapta umpluturilor. Să ducem prin punctul E dreapta EF, paralelă cu dreapta AC_1, și să luăm punctele G și H, mijloacele segmentelor EF și FB. Aflînd coordonatele tuturor acestor puncte, putem trage următoarele concluzii :

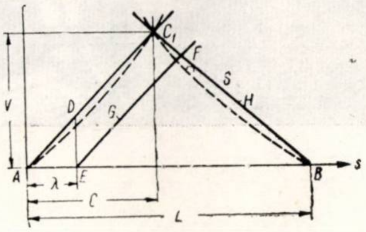


Fig. 8.

1. Volumul care se ia din gropile de împrumut este

$$DE = \frac{V}{c}\,\lambda.$$

2. Volumul care se ia din săpătura pentru canal este

$$V - \frac{V}{c}\,\lambda = \frac{V}{c}\,(c - \lambda).$$

3. Distanța de transport pentru pămîntul din săpăturile pentru canal este egală cu diferența absciselor punctelor H și G și este egală cu

$$d_x = \frac{L - \lambda}{2}.$$

Prin urmare, costul transportului va fi :

$$I = \alpha_0 \frac{V}{c}\,\lambda + \frac{V}{c}\,(c - \lambda)\,\beta_x.$$

Pentru a rezolva problema, trebuie să punem condiția ca această investiție să fie minimă, adică să aflăm valoarea care anulează derivația investiției în raport cu parametrul λ. Vom avea deci :

$$\frac{dI}{d\lambda} = \alpha_0 \frac{V}{c} + V \frac{d\beta_x}{d\lambda} - \frac{V}{c}\,\frac{d\beta_x}{d\lambda}\,\lambda - \frac{V}{c}\,\beta = 0.$$

Introducînd în expresia costului transportului valoarea distanței de transport, vom avea :

$$\beta_x = \beta_0 + 2{,}2\,\frac{L - \lambda}{2} - 2{,}2$$

și

$$\frac{d\beta_x}{d\lambda} = -\,1{,}1.$$

Introducînd aceste expresii în derivata investiției, ecuația de condiție va deveni :

$$\alpha_0 \frac{V}{c}\,\lambda - V + \frac{V}{c}\,\lambda - \frac{V}{c}\,(\beta_0 + 1{,}1\,L - 1{,}1\,\lambda - 2{,}2) = 0.$$

Considerînd că gropile de împrumut au fost judicios alese, distanța de transport trebuie să fie de maximum 1 km, și atunci $\alpha_0 = \beta_0$. În acest caz, ecuația de condiție devine :

$$\lambda = \frac{c + L - 2}{2}.$$

Introducînd în această expresie valorile numerice ale factorilor L și C, vom putea afla valoarea parametrului λ și volumul din gropile de împrumut, știind că acest volum este dat de relația

$$V_g = \frac{V}{c}\,\lambda.$$

Concluzii

1. Calculul secțiunii economice comportă cunoașterea a numeroși parametri economici, geologici, constructivi și hidraulici, pe care autorul a căutat să-i dea parțial în cuprinsul acestui articol.

Este însă necesar ca aceste date să fie completate și aprofundate prin studiul terenului și al condițiilor locale, cu scopul de a preciza cît mai mult valoarea acestor date și a putea pune astfel bază pe rezultatele obținute.

2. Rezultatul obținut prin calculul secțiunii economice face parte dintr-o zonă întinsă cu valori foarte apropiate între ele (zona de minim pentru o curbă b = const. este aplatisată, iar minimele tuturor curbelor se concentrează pe o suprafață redusă). Acest lucru demonstrează că a căuta o precizie prea mare a calculelor este cu totul neindicat, fiind cu mult mai utilă alegerea corectă a datelor inițiale ale problemei.

3. Problemele de economie a terasamentelor sînt probleme complexe, care nu pot fi în nici un caz neglijate. Găsirea soluției celei mai economice a unei derivații necesită să se țină seamă de ansamblul mișcării terasamentelor, fiecare componentă avînd influența ei mai mare sau mică, funcție de mărimea componentei respective.

PRIMA SESIUNE
DE COMUNICARI TEHNICO-STIINTIFICE
IRME
1963

Aspecte
de la prima sesiune
tehnico=științifică
IRME

Prima sesiune tehnico-ştiinţifică a Întreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME)

— mai 1963 —

În zilele de 13 şi 14 mai a.c. s-au desfăşurat în Bucureşti, în sala CNIT, lucrările primei sesiuni tehnico-ştiinţifice organizată de IRME. La lucrările sesiunii au participat cadre de conducere din M.M.E.E., academicieni, cadre didactice din învăţămîntul tehnic superior, delegaţi ai institutelor de cercetări şi proiectări de specialitate, directori şi ingineri şefi ai întreprinderilor regionale de electricitate şi ai principalelor centrale electrice din ţară, numeroşi specialişti.

Cuvîntul de deschidere a fost rostit de tov. ing. Teofil Popovici, directorul Direcţiei energiei electrice din Departamentul energiei electrice, care subliniind dezvoltarea complexă a activităţii IRME în cei 3 ani de la înfiinţare — de la cercetarea tehnico-ştiinţifică, asistenţă tehnică, asimilarea de produse noi, pînă la producţia experimentală — a apreciat rezultatele obţinute de IRME în aceşti ani ca pozitive prin efectele lor tehnico-economice.

Cu îndemnul ca lucrările sesiunii „să se desfăşoare sub semnul introducerii tehnicii noi în sectorul energetic, cunoscînd că activitatea IRME este îndreptată exclusiv în această direcţie", tov. Teofil Popovici a deschis lucrările primei sesiuni tehnico-ştiinţifice a IRME.

Tov. ing. Adrian Georgescu, secretar general al M.M.E.E., după ce a salutat în numele conducerii ministerului lucrările sesiunii, a arătat că atît prin componenţa participanţilor cît şi prin caracterul lucrărilor această sesiune are şi caracterul unei consfătuiri din care IRME trebuie să reţină problemele în care se simte în continuare nevoia sprijinului său.

În încheiere, tov. secretar general Adrian Georgescu a felicitat colectivul de muncitori, ingineri şi tehnicieni ai IRME pentru frumoasele rezultate obţinute, urînd ca şi pe viitor rezultatele muncii acestui colectiv să-şi atingă din plin scopul propus: ridicarea nivelului tehnic al exploatărilor energetice.

În continuare, lucrările sesiunii IRME au fost salutate de tov. academician dr. ing. Aurel Avramescu, în numele secţiei a III-a de ştiinţe tehnice a Academiei R.P.R., de ing. Emil Constantinescu, director tehnic al ISPE, şi de ing. E. Chimirel din partea Comitetului Central al Uniunii sindicatelor din întreprinderile industriei miniere şi energiei electrice.

Tov. ing. Gh. Bălan, director al I.R.M.E., a prezentat referatul general: „Aportul I.R.M.E. în introducerea tehnicii noi în sectorul energetic", după care au început lucrările pe secţii.

La sesiune au fost susţinute 40 de comunicări care au oglindit cele mai importante realizări tehnico-ştiinţifice ale I.R.M.E. şi care datorită specificului lor variat s-au desfăşurat în patru secţii de specialitate:

A. Secţia sisteme electroenergetice.
B. Secţia tehnica tensiunilor înalte.
C. Secţia telemecanică – telemăsură şi telecomunicaţii;
D. Secţia termoenergetică.

Discuţiile vii şi interesante, precum şi numărul mare de intervenţii pe marginea referatelor au contribuit într-o largă măsură la clarificarea unor probleme importante şi actuale pentru sectorul energetic şi au prilejuit un adevărat schimb de experienţă.

În continuare se redă lista referatelor prezentate la prima sesiune tehnico-ştiinţifică a I.R.M.E.

A. SECŢIA SISTEME ELECTROENERGETICE

1. Ing. Leonida Dan şi ing. Ionescu Vlad: **Contribuţii la problema introducerii reglajului automat terţiar în sistemele energetice.**
2. Ing. Ionescu Vlad: **Cercetări teoretice privind statismul primar al sistemelor energetice.**
3. Ing. Zaharia Ion: **Aplicarea calculului cu diferenţe la metodele iterative de rezolvare a ecuaţiilor algebrice liniare cu aplicare la reţelele electrice.**
4. Conf. ing. Mihăileanu Călin şi ing. Cserveny Iosif: **Determinarea timpului de lansare a agregatelor turbogeneratoare pe cale experimentală.**
5. Ing. Pomîrleanu Jean: **Construcţia analizoarelor de reţea în curent continuu la IRME.**
6. Ing. Davidovici Marcel, ing. Iancu Alexandru, ing. Ionescu Traian şi ing. Weiss Adrian: **Calculator electronic pentru repartiţia optimă a sarcinilor între centrale ţinînd cont de pierderile în reţele.**
7. Ing. Zimand Rudolf: **Comportarea protecţiei de distanţă la scurtcircuite în liniile cu dublu circuit.**
8. Ing. Zimand Rudolf: **Funcţionarea schemei de blocaj la pendulaţii a releului L3S la liniile prevăzute cu RAR.**
9. Ing. Zimand Rudolf: **Analiza funcţionării protecţiei de distanţă montate pe generatoarele 1–4 din CET Doiceşti.**
10. Ing. Simian Emilian şi ing. Stoica Murmur: **Releu de protecţie diferenţială cu saturaţie suplimentară.**

B. SECŢIA TEHNICA TENSIUNILOR ÎNALTE

1. Ing. Ionescu Alexandru şi ing. Tendler Mihai: **Propunere pentru o nouă metodă de sistematizare şi clasificare a avariilor şi deranjamentelor în sistemul energetic (partea electrică).**
2. Ing. Săndulescu Lidia: **Elemente necesare analizei avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalaţiile de medie tensiune.**
3. Ing. Crîşcior Ciprian şi ing. Cîrstea Natalia: **Metode de determinare a parametrilor care caracterizează keraunicitatea unei regiuni. Hărţile keraunice ale R.P.R. pentru anul 1962.**
4. Ing. Popa Badea, ing. Ionescu Alexandru şi ing. Tendler Mihai: **Încercări în sistem pentru determinarea comportării întreruptorului IUP-110 kV la ruperea curenţilor de scurtcircuit şi la declanşarea liniilor în gol.**
5. Ing. Mihai Ilie: **Încercări în exploatare asupra descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă.**
6. Ing. Popa Badea şi ing. Bratu Andrei: **Analiza eficacităţii protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a instalaţiilor de 15 kV prin descărcătoare cu coarne.**
7. Ing. Săndulescu Lidia: **Oportunitatea demontării eclatoarelor de protecţie de pe aparataj.**
8. Ing. Malcoci Vladimir: **Defectoscopie prin radiofrecvenţă la liniile aeriene de înaltă tensiune.**
9. Ing. Radu Nicolae: **Posibilitatea realizării acordului la rezonanţă a bobinelor de stingere din reţelele de medie tensiune din R.P.R.**
10. Ing. Vaisman Lionel: **Aparat pentru acordarea bobinelor de stingere.**

C. SECŢIA TELEMECANICĂ — TELEMĂSURĂ ŞI TELECOMUNICAŢII

1. Ing. Radian Valeriu şi ing. Săndulescu Dan: **Echipament de telemecanică cu cod de timp.**
2. Budaşcă Vasile, ing. Iliescu Ilie şi ing. Iliesi Gheorghe: **Echipament de telemecanică în joasă frecvenţă cu 12 canale.**
3. Ing. Varadi Gheorghe: **Sistem de telesemnalizare automată prin telefon (instalaţia „Telemag").**
4. Ing. Radian Valeriu: **Traductor static de putere.**
5. Ing. Vaisman Lionel: **Regulator automat de tensiune pentru transformatoare.**
6. Ing. Ghitta Lucia şi ing. Dragomir Ion (ICSE): **Aparat pentru determinarea deformaţiilor în masive de beton (teleformetru).**
7. Ing. Ionescu Paula: **Aparat pentru determinarea modulului de elasticitate la betoane.**
8. Ing. Prunescu Ion: **Micşorarea variaţiei modulului impedanţei de intrare în banda de trecere a unor filtre cu impedanţă de sarcină rezistivă.**
9. Ing. Săndulescu Victor, ing. Ciucescu Paul, ing. Ciolacu Cornel şi ing. Prunescu Ion: **Echipament de telefonie prin curenţi purtători, cu bandă laterală unică.**
10. Ing. Radian Valeriu şi ing. Wilheim Gheorghe: **Instalaţie de telefonie automată pentru echipamente prin curenţi purtători.**
11. Ing. Iliescu Nicolae şi ing. Ghitta Lucia: **Bobine de blocare pentru telecomunicaţii prin curenţi purtători în sistemele energetice.**
12. Ing. Constantinescu Gheorghe şi ing. Ionescu Paula: **Radiotelefon pe unde ultrascurte.**

D. SECŢIA TERMOENERGETICĂ

1. Ing. Golici Dan: **Metodă simplificată de calcul al ciclului termic şi aplicarea acesteia la circuitele termice ale CTE şi CET.**
2. Ing. Dinulescu Constantin: **Cîteva aspecte de proiectare şi construcţie a arzătoarelor de gaze de mare debit.**
3. Ing. Iliescu Teodor, ing. Schlotter Francisc, ing. Goldstein Dan şi ing. Golici Dan: **Cercetări şi rezultate privind posibilitatea de supraîncărcare a turbinelor cu abur.**
4. Ing. Chercea Gheorghe: **Metodă analitică de calcul termic al camerelor de ardere la cazanele de abur.**
5. Ing. Iliescu Teodor, ing. Grosz Ivan şi ing. Popescu Radu: **Cercetări în problema funcţionării turbinelor de condensaţie în regim de vid înrăutăţit.**
6. Ing. Grosz Ivan, ing. Gheorghe Gheorghe şi Pîrvu Gheorghe: **Cercetări privind aplicarea sistemului de curăţire automată cu bile a condensatoarelor.**
7. Ing. Neuberger Gideon: **Rezultate obţinute în ameliorarea calităţii aburului prin introducerea separatoarelor centrifugale.**
8. Ing. Dinulescu Constantin, ing. Pavnotescu Octavian, ing. Chercea Gheorghe şi ing. Popescu Radu **Modernizări la cazane de abur în centralele termoelectrice.**

Aportul IRME în introducerea tehnicii noi în sectorul energetic*

Ing. *GH. BĂLAN*

Societatea contemporană a intrat în perioada unei măreţe revoluţii ştiinţifice şi tehnice. Acest fenomen este legat de stăpînirea energiei nucleare, de uimitoarele rezultate obţinute în cercetarea cosmosului şi de un puternic avînt în dezvoltarea tuturor ramurilor ştiinţei. Pătrunderea automatizării în cele mai diverse sectoare de activitate este una dintre manifestările puterii creatoare a omului în zilele noastre. În timp ce capitalismul oferă un cadru prea îngust pentru desfăşurarea revoluţiei ştiinţifice şi tehnice, orînduirea socialistă poate să realizeze această revoluţie şi să folosească roadele ei în interesul societăţii.

Socialismul creează cele mai favorabile premise de ordin social şi economic pentru introducerea tehnicii celei mai înaintate în toate ramurile economiei naţionale.

În mersul ascendent al ţării noastre pe drumul socialismului, P.M.R. a asigurat şi asigură înfăptuirea cu consecvenţă a politicii de creare şi dezvoltare a bazei tehnico-materiale necesare noii orînduiri sociale.

La Congresul al III-lea al P.M.R., tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej a arătat că una din sarcinile de bază ale planului care se desfăşoară în prezent este aceea privitoare la extinderea mecanizării şi automatizării producţiei, reutilarea întreprinderlor existente şi înzestrarea noilor întreprinderi cu utilaje şi agregate la nivelul celor mai noi realizări ale tehnicii, aplicarea în producţie în măsură tot mai largă a proceselor tehnologice moderne.

Intensificarea progresului tehnic prin introducerea mecanizărilor şi automatizărilor în etapa prezentă, a desăvîrşirii socialismului în ţara noastră, ridică sarcini sporite în faţa tuturor ramurilor economice, deci şi a ramurii energetice.

Planul de dezvoltare a economiei naţionale pe perioada 1960—1965 prevede intensificarea mecanizării şi automatizării producţiei, care vor fi orientate îndeosebi spre acele ramuri unde se poate obţine o înaltă eficacitate economică. Se va extinde mai ales mecanizarea lucrărilor grele şi cu volum mare de muncă.

Automatizarea complexă a proceselor de producţie este introdusă şi extinsă îndeosebi în ramurile care au procese continue de fabricaţie, cum este şi cea energetică, la centralele termo- şi hidroenergetice şi în comanda instalaţiilor de transport şi distribuţie a energiei electrice. În procesul de realizare a progresului tehnic în industria noastră socialistă, electrificarea producţiei este una dintre căile principale, deoarece fără electrificare mecanizarea şi automatizarea sînt de neconceput. Ea trebuie să se dezvolte cu un pas înaintea industrializării şi constituie o premisă importantă a introducerii progresului tehnic în industrie. Pe măsură ce se vor epuiza operaţiile de mecanizare şi de automatizare parţială, va fi necesar să se treacă la o treaptă superioară a automatizării — automatizarea complexă, prin care se va elimina complet munca manuală, şi activitatea muncitorilor se va limita la supravegherea şi controlarea maşinilor. Această etapă va necesita introducerea maşinilor electronice de calculat pentru controlul şi reglarea proceselor de producţie şi realizarea unor prototipuri de aparate cu tehnică foarte ridicată.

Dezvoltarea rapidă a instalaţiilor electroenergetice, termoenergetice şi hidroenergetice, atît ca număr cît şi din punctul de vedere al complexităţii — consecinţă directă a înfăptuirii programului de electrificare a ţării — a pus probleme grele legate de proiectarea, montarea şi exploatarea lor.

În ceea ce priveşte sectorul de proiectare şi cel de montaj, acestea s-au dezvoltat încă de la începuturile electrificării, adică din 1949—1950. Sectorul de exploatare şi cel de cercetare în domeniul energetic erau rămase mult în urma celorlalte.

Problemele ridicate de către exploatare, care creşteau o dată cu creşterea sistemului energetic, erau rezolvate local şi într-un mod nesatisfăcător în multe cazuri. Existau diferenţe în modul cum se rezolva acelaşi gen de probleme între diversele întreprinderi de electricitate. Aceasta din cauză că nu exista un organ central care să rezolve aceste probleme, cît şi din cauză că la unele întreprinderi sectorul tehnic nu era la un nivel corespunzător. Departamentul Energiei Eletrice, ca organ executiv, nu putea cuprinde integral toate problemele întreprinderilor de electricitate şi nici nu se putea preocupa să facă studii în vederea îmbunătăţirii exploatării în scopul ridicării nivelului ei, pentru obţinerea unor indici tehnico-economici ridicaţi.

De asemenea, activitatea de cercetare în domeniul energetic era aproape inexistentă şi prin faptul că unităţile de proiectare nu se ocupau de această latură. Din această cauză nu erau rezolvate la nivelul tehnicii actuale o seamă de probleme puse de exploatare şi de dezvoltarea sistemului energetic.

Astfel, nu se efectuau cercetări privind comportarea în exploatare a echipamentului electroenergetic, termoenergetic şi hidroenergetic. Din această cauză nu se puteau preciza caracteristicile cele mai avantajoase ale aparatajului produs în ţară sau din import, şi deci, pe de o parte, nu se puteau stabili linii directoare în alegerea aparatajului, iar pe de altă parte nu se puteau remedia deficienţele aparatajului produs în ţară.

Existau numeroase domenii de bază, ca: stabilitatea sistemelor energetice, supratensiunile atmosferice, supratensiunile de comutaţie, problema defectelor de izolaţie în reţelele sistemului energetic etc., în care cercetările erau efectuate foarte sporadic de către întreprinderile de electricitate, şi nu la un nivel tehnic ridicat.

De asemenea, problemele de telemecanică şi telefonie, cum şi cele legate de automatizări complexe de sistem, nu se puteau rezolva de către întreprinderile de electricitate separat, deoarece acestea erau legate de ansamblul sistemului energetic şi nu se puteau trata izolat.

Pentru rezolvarea tuturor acestor probleme, era cu totul necesară crearea de urgenţă a unei unităţi în cadrul Departamentului Energiei Electrice, în care să se desfăşoare în mod organizat şi coordonat activitatea de cercetare necesară rezolvării problemelor puse de exploatarea şi dezvoltarea sistemului energetic naţional.

În acest scop, a luat fiinţă, la 1 ianuarie 1960, Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME), care are un caracter complex de cercetare tehnico-ştiinţifică, proiectare, asistenţă tehnică şi construcţie de aparataj specific energetic. Prin aceasta s-a avut în vedere execuţia a o serie de studii şi cercetări menite să rezolve problemele de exploatare la nivelul tehnicii celei mai avansate şi să se construiască o serie de aparate care nu se puteau achiziţiona din străinătate.

Într-o primă fază de activitate, IRME a avut ca preocupare principală construcţia de aparataj de laborator şi de automatizare, pentru dotarea întreprinderilor de electricitate cu un minim de mijloace moderne, pentru asigurarea exploatării în condiţiile tehnicii actuale. Această activitate a fost preponderentă ca preocupări în 1960—1961.

În urma schimbului de experienţă realizat la sfîrşitul anului 1961 de către un grup de specialişti din întreprinderea noastră cu unităţi similare din U.R.S.S, ca ORGRES, TLEM, VNIE etc., şi în baza unui studiu corespunzător, s-a ajuns la concluzia că organizarea IRME din acea vreme nu corespundea întru totul sarcinilor pe care le avea de rezolvat.

Astfel, anul 1962 a însemnat pentru IRME anul în care s-au pus bazele organizatorice de dezvoltare pe linia instituţiilor similare din străinătate, creîndu-se posibilitatea de a se stabili preocupări capabile să rezolve probleme vitale ale sistemului energetic şi la un nivel corespunzător tehnicii celei mai avansate.

Ca linii mari directoare, IRME urmăreşte două obiective principale:

— ridicarea nivelului tehnic al exploatării;

— introducerea automatizărilor complexe în sistemul energetic.

---

* Referat general prezentat la prima sesiune tehnico-ştiinţifică a IRME, 13-14 mai 1963.

Activitatea depusă în diversele sectoare din IRME, pe linia obiectivelor propuse, se desfăşoară sub următoarele forme :

1. Studii şi cercetări tehnico-ştiinţifice.
2. Asimilări de produse noi.
3. Asistenţă tehnică.
4. Puneri în funcţiune.
5. Generalizarea experienţei de exploatare.
6. Confecţii de aparataj de mică serie şi unicate specifice sectorului energetic.

Activitatea IRME a fost axată, în domeniile arătate mai sus, cunoscîndu-se preocupările institutelor cu profil asemănător din ţările cu experienţă îndelungată în privinţa sistemelor energetice, precum şi modul cum este organizată activitatea lor.

Prin activitatea de studii şi cercetări tehnico-ştiinţifice, IRME s-a orientat în următoarele direcţii :

— dezvoltarea şi modernizarea instalaţiilor energetice existente ;

— elaborarea măsurilor pentru ridicarea siguranţei în funcţionare a echipamentului din instalaţiile energetice, cum şi a sistemului energetic ;

— stabilirea regimurilor economice de funcţionare a unităţilor energetice ;

— studierea comportării în exploatare a diverselor tipuri de utilaje, în vederea îmbunătăţirii lor de către fabricile constructoare.

Studiile şi cercetările privind exploatarea instalaţiilor energetice se pot considera încheiate numai în urma difuzării lor în cadrul întreprinderilor de exploatare ale departamentului. Din acest motiv, IRME îi revine sarcina să se preocupe şi de generalizarea experienţei pozitive de exploatare.

Prin activitatea de asistenţă tehnică se înţelege ajutorul tehnic acordat de personalul IRME întreprinderilor de electricitate în următoarele scopuri :

— introducerea unor procedee moderne de exploatare a instalaţiilor energetice ;

— analiza unor situaţii anormale de funcţionare a sistemului energetic ;

— punerea în funcţiune a unor instalaţii noi cu care personalul de exploatare nu este familiarizat ;

— aplicarea cercetărilor tehnico-ştiinţifice efectuate de IRME în centralele şi reţelele sistemului energetic.

Ca urmare a întocmirii de studii tehnico-ştiinţifice şi a activităţii de asistenţă tehnică duse în cadrul întreprinderii, a apărut necesitatea construirii unei serii întregi de aparate şi utilaje cu caracter energetic, fără de care punerea în practică a studiilor şi începuturile unei exploatări mai raţionale a obiectivelor energetice ar fi fost imposibile.

Aceste produse au trebuit să fie executate de către IRME din următoarele motive :

— produsele respective sînt de serie mică sau unicate şi au un caracter specific energetic ;

— în ţara noastră nu există nici o fabrică profilată pe acest gen de producţie (aparataj pentru dotarea laboratoarelor centralelor electrice, dispozitive de automatică şi telemecanică a instalaţiilor energetice, echipament de telefonie prin curenţi purtători pe liniile electrice aeriene de înaltă tensiune etc).

În sectoarele de activitate din IRME, munca de cercetare tehnico-ştiinţifică se desfăşoară în prezent în funcţie de tendinţele moderne de dezvoltare şi exploatare a sistemelor energetice şi prezintă următoarele trăsături specifice :

a) Modernizarea instalaţiilor şi a utilajelor existente în măsura în care lucrările de modernizare sînt economice, rezultate din studii corespunzătoare.

b) Exploatarea instalaţiilor prin metode şi mijloace tehnice noi (aparataj electric şi electronic de laborator, procedee tehnologice noi etc.).

c) Punerea la punct şi introducerea automatizărilor în centrale şi staţii (elemente de protecţie şi automatizare, instalaţii de telemecanică şi telecomunicaţii, calculatoare electronice etc).

d) Analiza comportării în exploatare a utilajului energetic (îmbunătăţirea utilajului vechi, recomandări de înlocuire a utilajelor uzate, necorespunzătoare, prin utilaje noi etc).

Ca rezultat al celor de mai sus, sectoarele de activitate din cadrul întreprinderii îşi duc activitatea lor astfel :

În problemele de sisteme electroenergetice, obiectivele urmărite sînt de a elabora principiile de conducere a acestora şi de a studia aplicarea lor prin introducerea tehnicii moderne în scopul asigurării unei funcţionări sigure şi economice.

Această activitate a fost orientată spre problemele importante ale sistemului şi s-a manifestat în următoarele domenii :

— folosirea mijloacelor şi metodelor moderne de calculat ;

— automatizări de sistem cu referire la reglajul automat frecvenţă — putere activă, respectiv tensiune—putere reactivă ;

— protecţia prin relee şi automatizări de reţea (RAR, AAR, DAS etc.) ;

— încercări şi probe complexe în sistem.

O preocupare nouă în acest an o constituie soluţionarea problemelor de sistem cu ajutorul calculatoarelor electronice, numerice şi analogice, cum şi a meselor de calcul în curent continuu.

Una dintre aceste probleme, prevăzută în planul tehnic de stat, este „Studiul repartiţiei optime a puterilor şi reglajului terţiar în sistemul energetic al R.P.R.", problemă ce se va soluţiona în colaborare cu ISPE, UPDE şi Institutul de energetică al Academiei R.P.R. şi care va pregăti condiţiile unei mai bune gospodăriri pentru creşterea economicităţii în funcţionare a sistemului.

Prin folosirea calculatoarelor electronice se vor putea recomanda soluţii optime în problemele de reglaj al tensiunii, frecvenţei şi puterilor (bazate pe calcule şi analize amănunţite). De asemenea, se vor putea pregăti teoretic încercările în sistemul energetic pentru determinarea parametrilor necesari studiilor, cum şi pentru interconexiunea cu ţările vecine.

Experienţa cîştigată cu analizoarele de reţea, respectiv mesele de calcul în curent continuu, realizate în IRME în anii trecuţi, a permis ca în 1962 să se studieze şi să se realizeze un nou tip de analizor de reţea în curent continuu.

Pe lîngă faptul că acum aceste mese de calcul sînt de tip universal, ceea ce permite realizarea oricărui fel de schemă, ele au fost construite astfel ca să permită atît calculul curenţilor de scurtcircuit cît şi calculul circulaţiilor de puteri şi al nivelelor de tensiune în nodurile reţelelor.

În prezent, pe baza calculelor efectuate, IRME întocmeşte un material de generalizare a experienţei, ce va fi trimis la toate IRE, prin care se va prezenta metodologia de calcul a curenţilor de scurtcircuit, a reţelelor buclate de joasă tensiune, a circulaţiilor de puteri active şi reactive şi a nivelelor de tensiune la noduri în reţelele de înaltă tensiune.

Este de dorit ca serviciile tehnice şi de proiectare să facă calcule pe mesele de calcul în vederea studierii soluţiilor de buclare a reţelelor de joasă tensiune, cunoscute fiind economiile de investiţii ce se pot realiza în acest caz.

Activitatea privind automatizările de sistem s-a îndreptat, în privinţa reglajului automat al frecvenţei, sub formă de studii teoretice, de participări la probele din sistem pentru determinarea timpului de lansare şi de proiectări de aparate necesare acestor probe.

Fiind un domeniu cu totul nou, primele lucrări au avut un caracter teoretic, în scopul cunoaşterii amănunţite a problemelor principale şi a realizărilor celor mai recente în alte ţări. Unele dintre lucrări au avut un caracter de originalitate. Au fost efectuate studii privind introducerea reglajului terţiar, cercetarea teoretică a statismului primar, cercetarea regimurilor tranzitorii a două sisteme energetice interconectate, prevăzute cu reglaj automat de frecvenţă şi de tensiune, şi proiectarea unor traductoare îmbunătăţite pentru abaterea de frecvenţă.

Pentru experimentarea montajelor proiectate şi pentru etalonarea elementelor sensibile la frecvenţă realizate, a fost construit un stand de frecvenţă variabilă cu grupuri rotative, puterea sursei fiind de 3 kVA.

S-au făcut studii şi în prezent este în curs de realizare un calculator electronic pentru repartiţia optimă a sarcinilor între centrale, ţinînd seamă de pierderile în reţele.

Calculatorul electronic este de tip analogic şi au fost realizate elementele cele mai importante ale lui, cum sînt amplificatorul operaţional, generatorul de funcţii oarecare şi limitatorul.

Acest calculator este destinat dispecerilor de serviciu, pentru conducerea unui sistem energetic în repartiţia sarcinilor pe baza optimului economic.

Problemele abordate teoretic se vor concretiza sub formă de realizări practice, începînd chiar din acest an, în următoarele dispozitive şi sisteme automate :

— dispozitiv pentru încărcarea automată după program a agregatelor (folosind o buclă de reglaj care să urmărească un consemn dat) ;

— dispozitiv pentru încărcarea automată după program a unei centrale, cu repartiţia optimă a puterii între agregate. Acest dispozitiv va permite comanda centralizată a tuturor agregatelor din centrale, conform repartiţiei optime, reprezentînd totodată primul pas în adaptarea centralei la comanda reglajului secundar şi terţiar ;

— realizarea de traductoare de performanţe ridicate, destinate măsurătorii diverşilor parametri ;

— regulator automat de tensiune pentru transformatoare, o construcţie originală realizată cu elemente statice care satisface toate condiţiile privind domeniul de reglaj, sensibilitate, viteză de răspuns etc., necesare pentru sistemele energetice

În domeniul protecţiei prin relee, atenţia principală s-a acordat punerilor în funcţiune a instalaţiilor energetice noi, prin efectuarea unui complex de probe asupra releelor de protecţie şi a comutaţiei secundare, cum şi acordarea de asistenţă tehnică la diferite IRE.

O problemă principală studiată a fost şi comportarea protecţiei de distanţă la scurtcircuite la liniile cu dublu circuit.

În practica protecţiei prin relee în R.P.R., liniile cu dublu circuit se tratează ca şi liniile cu simplu circuit. De aici decurg unele erori în măsura efectuată de releele de distanţă.

O altă preocupare importantă a fost şi îmbunătăţirea schemei de blocaj la pendulaţii a releului L3S la liniile prevăzute cu RAR.

De asemenea s-a realizat releul de protecţie diferenţială cu saturaţie suplimentară destinat protecţiei diferenţiale a transformatoarelor cu două şi trei înfăşurări.

În 1962, IRME, în colaborare cu unele întreprinderi regionale de electricitate, a organizat o serie de probe de scurtcircuit în reţea.

Merită de relevat probele de scurtcircuit efectuate în staţia de transformare Braşov pentru verificarea stabilităţii la eforturi dinamice a bobinelor de blocaj, pentru telefonia de înaltă frecvenţă.

Cu această ocazie s-a verificat şi comportarea în exploatare a întreruptoarelor cu ulei puţin IUP-10, efectuîndu-se pentru aceasta trei deconectări pe scurtcircuit. S-a putut constata astfel că acest întreruptor funcţionează la puteri inferioare faţă de valoarea garantată, de 200 MVA la 6 kV.

Pentru probele ce se vor continua în acest an, IRME construieşte unele utilaje pentru realizarea şi înregistrarea valorilor.

Dintre lucrările mai importante prezentate la sesiune la şedinţa de sisteme electroenergetice, cităm :

— contribuţii în problema introducerii reglajului automat terţiar în sistemele energetice ;

— cercetări teoretice privind statismul primar al sistemelor energetice ;

— determinarea timpului de lansare a agregatelor turbogeneratoare pe cale experimentală ;

— construcţia analizoarelor de reţea în curent continuu la IRME ;

— calculator electronic pentru repartiţia optimă a sarcinilor între centrale, ţinînd seamă de pierderile în reţele ;

— comportarea protecţiei de distanţă la scurtcircuite în liniile cu dublu circuit ;

— releu de protecţie diferenţială cu saturaţie suplimentară.

În domeniul de telemecanică şi telecomunicaţii, în toate sistemele energetice a apărut necesitatea introducerii unor metode mai perfecţionate de comandă şi control, care să asigure dispecerului un grad de operativitate mai ridicat. Acest ucru poate fi realizat prin introducerea instalaţiilor de telemecanică, care reunesc următoarele funcţiuni : telemăsură, telesemnalizare, telecomandă şi telereglaj, şi a instalaţiilor de telecomunicaţii. Preocupările în această direcţie în întreprinderea noastră au început încă de la înfiinţare.

În domeniul instalaţiilor de telemecanică au fost realizate pînă în prezent instalaţii cu relee şi selectoare pe două principii de schemă distincte, şi anume :

— instalaţii pe principiul schemelor cu fire multe ;

— instalaţii pe principiul schemelor cu fire puţine.

Instalaţiile de telemecanică cu fire multe sînt destinate telemecanizării obiectivelor energetice situate la distanţe mici şi ele se caracterizează prin simplitate şi economicitate.

Instalaţiile de telemecanică cu fire puţine sînt destinate telemecanizării obiectivelor energetice la distanţe practic nelimitate, putînd funcţiona pe fire fizice sau pe canale fictive de înaltă frecvenţă.

Pe aceste două principii au fost confecţionate un număr de 35 instalaţii.

Experienţa acumulată de colectivul IRME în direcţia introducerii telemecanizărilor s-a concretizat prin modernizarea echipamentelor elaborate iniţial. Astfel, în echipamentul de tip ETM s-a realizat înlocuirea parţială a releelor electromagnetice prin scheme statice fără contacte, lucru care a mărit considerabil gradul de siguranţă în funcţionarea instalaţiei de telemecanică. De asemenea, a fost construit un nou tip de echipament cu număr redus de relee şi contacte bazat pe sistemul distributiv în timp cu autocorecţie şi caracteristică de selecţie independentă. În prezent şi în viitorul imediat apropiat, IRME urmăreşte menţinerea instalaţiilor la nivelul tehnicii mondiale prin înlocuirea releelor şi selectoarelor prin elemente fără contacte — respectiv cu tranzistori.

În afară de echipamentele propriu-zise, cercetările IRME au fost îndreptate şi în domeniul asigurării instalaţiilor anexe pentru telemecanizarea staţiilor, în special în problema elaborării traductoarelor de măsură, în care scop cităm : elaborarea traductoarelor de mică distanţă, bazate pe principiul traducerii mărimii de măsurat curent, tensiune sau putere, în curent continuu, precum şi a traductoarelor pentru distanţe mari, bazate pe principiul frecvenţei de impulsuri, astfel încît ele să se poată încadra într-un sistem de transmisie prin curenţi purtători.

În domeniul instalaţiilor de telefonie au fost realizate în trecut echipamente de telefonie de tip BLD, montate deja în instalaţii, şi în prezent este elaborat şi în curs de definitivare echipamentul de telefonie de zip BLU, cu canale de telemecanică. Cercetările efectuate în această direcţie vor trebui să se concretizeze prin stabilirea condiţiilor şi modului de realizare a legăturilor de transmisii pentru dispecerii regionali, precum şi prin elaborarea aparatajului necesar asigurării acestor legături.

Paralel cu aparatajul de telefonie de înaltă frecvenţă pentru asigurarea unui lanţ complet de transmisii, cercetările noastre au fost îndreptate şi în domeniul elaborării aparaturii auxiliare instalaţiilor de telecomunicaţii, şi anume : elementele de cuplaj al instalaţiilor de telecomunicaţii la linii de înaltă tensiune (bobine de blocaj, filtre de cuplaj, condensatoare de cuplaj) ; instalaţiile de asigurare a legăturii automate — respectiv automatele de telefonie de tipul ATP2 — în curs de definitivare în IRME, precum şi instalaţiile de canale pentru telemecanică în joasă frecvenţă. Echipamentul realizat în IRME va putea asigura în banda de 4 kHz un număr maxim de 16 canale.

Pentru asigurarea legăturilor operative între centrele de intervenţie şi echipele de intervenţie, IRME a elaborat un echipament de radiotelefon mobil, care a fost experimentat în exploatare şi va fi extins în cadrul întreprinderilor de electricitate.

Menţionăm că activitatea de cercetare va trebui să se încadreze în programul de dezvoltare a reţelei energetice.

Elementele noi, care vor fi aduse în anii următori, 1963—1965, urmăresc :

— înlocuirea impulsurilor frecvenţă-pauză cu frecvenţă-frecvenţă ;

— mărirea capacităţii benzii alocate sistemului de curenţi purtători prin introducerea telemecanicii ciclice. Densitatea transmisiei de informaţii creşte de 10 ori, de la 3 canale pe 360 Hz la 30 canale pe 360 Hz;

— echipament de telemecanică fără contacte;

— traductoare perfecţionate cu precizie ridicată;

— legături de telemecanică şi telefonice pentru distanţe mici prin posturi fixe sau mobile UKW.

Performanţele noi aduse de aceste elemente sînt:

— mărirea capacităţii de transmisie;

— mărirea preciziei prin folosirea codului numeric;

— micşorarea influenţei paraziţilor;

— posibilitatea introducerii directe a telemăsurii în calculatoare sau memorii (bandă perforată);

— apelul selectiv şi funcţionare duplex permanentă a instalaţiilor UKW.

Trebuie să precizăm însă că activitatea noastră în anii următori nu va fi dirijată numai pentru introducerea de elemente noi. Noi vom continua activitatea în problema folosirii instalaţiilor de telefonie şi telemecanică de tipul elaborat în prezent acolo unde acestea sînt justificate economic.

Pe lîngă cele două activităţi de bază orientate în vederea asigurării unui sistem de transmisii care să asigure, atît în prezent cît şi în viitorul apropiat, necesităţile conducerii centralizate şi mai tîrziu automatizării complexe a sistemului, IRME a urmărit şi elaborarea unor aparate de măsură şi control necesare întreţinerii şi exploatării sistemului energetic. Merită să fie menţionate în această direcţie problemele privind elaborarea megohmetrelor de 500, 1000 şi 2500 V, aparatul pentru măsurarea rezistenţei prizelor de pămînt, precum şi dispozitivul de semnalizare a apariţiei chiciurii pe liniile de energie. Toate aceste aparate elaborate şi în curs de definitivare sînt realizate pe scheme moderne cu elemente fără contacte, respectiv tranzistori. De asemenea, cu concursul ICSE şi la cererea acestuia, au fost elaborate două aparate necesare controlului butoanelor din barajele instalaţiilor hidroenergetice. Astfel, avem aparatul pentru determinarea modulului de elasticitate la betoane, precum şi aparatul pentru determinarea deformaţiilor ce apar în masivele de beton.

Activitatea în domeniul tehnicii tensiunilor înalte s-a îndreptat spre rezolvarea următoarelor probleme mai importante.:

1. *Analiza comportării în exploatare a echipamentului electroenergetic în general şi a celui fabricat în ţară în mod special*, printr-o statistică a defecţiunilor care au loc pe baza foilor de observaţie-chestionar întocmite de unităţile de exploatare. S-au stabilit astfel defecţiunile caracteristice, propunîndu-se fabricii constructoare măsurile ce trebuie luate în procesul de fabricaţie pentru lichidarea lor.

2. *Analiza avariilor din instalaţiile electroenergetice*, atît prin urmărirea lor statistică cît şi prin studierea specială a unor avarii caracteristice datorită fie supratensiunilor atmosferice, fie necompensării curenţilor capacitivi etc.

Analiza comportării echipamentului de exploatare şi analiza avariilor au permis stabilirea problemelor principale ce trebuie studiate în perspectivă în scopul măririi siguranţei în funcţionare a sistemului energetic.

3. *Organizarea şi efectuarea de probe direct în sistem.* Probele în sistem, primele de acest fel în R.P.R., au permis stabilirea unor metodologii de experimentare şi au condus la concluzii importante pentru exploatare.

S-a stabilit astfel că supratensiunile care apar la declanşarea liniilor de 70 km în gol cu întreruptorul IUP-110 kV nu sînt periculoase pentru izolaţia staţiei unde s-au făcut încercările şi că deci nu pot apărea avarii datorită acestora. Pe baza probelor de scurtcircuit şi a probelor de declanşare a liniilor în gol s-a stabilit periodicitatea reviziilor în funcţie de puterea de scurtcircuit deconectată, lucru solicitat de unităţile de exploatare.

4. *Compensarea la rezonanţă a curenţilor capacitivi din reţelele de medie tensiune.* S-au demonstrat, pe baza unui studiu al măsurătorilor directe în diferite reţele şi a observaţiilor unor unităţi de exploatare, necesitatea şi avantajele compensării la rezonanţă a curenţilor capacitivi de punere la pămînt în reţele de 6—35 kV. Astfel, prin compensarea la rezonanţă se reduce curentul de punere la pămînt şi efectele care-l însoţesc, şi în consecinţă se reduce numărul de avarii datorită punerilor la pămînt.

5. *Defectoscopia izolaţiei în reţele de înaltă tensiune.* Pe baza unei analize efectuate în IRME s-a stabilit că o serie de avarii se datoresc prezenţei izolatoarelor defecte în exploatare. Ca urmare, în cadrul preocupărilor s-a proiectat şi s-a introdus în fabricaţie ştanga de verificare a repartiţiei tensiunii pe lanţul de izolatoare, care permite detectarea izolatoarelor cu defecte importante; în acelaşi timp s-a proiectat şi s-a realizat un prototip de defectoscop cu radiofrecvenţă tranzistorizat, care detectează descărcările parţiale din izolatoare cu defecte incipiente. Acest prototip urmează a fi experimentat în continuare pe linii pentru stabilirea metodei de lucru pentru exploatare.

6. *Analiza schemelor şi a mijloacelor de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice.* În această direcţie, pe lîngă sprijinul acordat regionalelor pentru întocmirea planului de măsuri de protecţie, s-au mai rezolvat următoarele aspecte:

— stabilirea necesităţii şi domeniului de utilizare a eclatoarelor cu coarne pentru protecţia instalaţiilor de 15 kV;

— oportunitatea demontării coarnelor de protecţie de pe aparataj;

— întocmirea instrucţiunilor de montare, exploatare şi încercare în exploatare a DRV;

— întocmirea proiectului unei instalaţii de impuls pentru încercarea în exploatare a DRV-urilor. Prototipul acestei instalaţii urmează a se realiza şi a se experimenta, stabilindu-se totodată metodologia de încercare.

7. *Cercetarea keraunicităţii ţării.* În privinţa aceasta, atenţia principală a fost îndreptată spre stabilirea metodei de întocmire a hărţii keraunice a ţării, necesară la proiectarea protecţiei instalaţiilor contra supratensiunilor atmosferice. La întocmirea hărţii keraunice s-au utilizat datele furnizate de centrele de observaţie vizuală organizate în reţelele IRE şi cele furnizate de contoarele de descărcări atmosferice.

În acelaşi timp s-au pregătit condiţiile pentru măsurarea curenţilor de trăsnet şi a verificării schemelor de protecţie contra supratensiunilor atmosferice cu ajutorul sondelor feromagnetice.

În cadrul acestui domeniu se va prezenta, la actuala sesiune, o serie de lucrări cu caracter tehnico-ştiinţific, dintre care menţionăm pe cele mai importante:

— elemente necesare analizei avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalaţiile de medie tensiune;

— încercări în sistem pentru determinarea comportării întreruptorului IUP-110 kV la ruperea curenţilor de scurtcircuit şi la declanşarea liniilor în gol;

— analiza eficacităţii protecţiei contra supratensiunilor atmosferice a instalaţiilor de 15 kV prin descărcătoare cu coarne;

— defectoscopie prin radiofrecvenţă la liniile aeriene de înaltă tensiune;

— posibilitatea acordului la rezonanţă a bobinelor de stingere din reţelele de medie tensiune.

În domeniul termoenergetic, activitatea se duce atît în Bucureşti cît şi la o unitate din Sibiu, ce face parte tot din cadrul întreprinderii noastre.

În acest domeniu, sarcina principală este de a introduce în mod sistematic raţionalizarea, modernizarea şi automatizarea în instalaţiile termoenergetice ale centralelor electrice din cadrul Departamentului Energiei Electrice.

Direcţiile în care se desfăşoară activitatea în acest sector sînt:

a) pe linie de asistenţă tehnică;

b) pe linie de plan tehnic, prin studii şi cercetări termoenergetice.

a) *Activitatea de asistenţă tehnică* a urmărit şi a rezolvat următoarele probleme principale ale sectorului:

1. Mărirea puterii disponibile a centralelor electrice, în special prin probele de supraîncărcare efectuate la agregatele de bază (turbine şi cazane) din centralele dotate cu echipament sovietic (Fîntînele, Paroşeni, Ovidiu, Comăneşti, Brazi şi Borzeşti).

2. Punerea în funcţiune a instalaţiilor energetice noi din termocentrale şi asimilarea în exploatare a tehnicii noi, materializată prin centralele cu parametri ridicaţi şi grupuri cu puteri unitare mari.

3. Punerea la punct şi extinderea automatizărilor, protecţiilor şi mecanizărilor în secţiile de cazane şi turbine din termocentrale, lucrări ce vor continua şi în anii următori.

4. Efectuarea de măsurători în centrale, pentru stabilirea performanţelor economice sau de mers sigur al agregatelor de bază. S-au efectuat în genere măsurători termice la cazane şi turbine şi în măsură mai mică şi măsurători termochimice. Măsurătorile termice s-au efectuat pe baza metodologiei proprii, care s-a difuzat şi generalizat în cadrul D.G.E. la toate centralele şi chiar la centralele industriale din cadrul altor ministere, aflate sub controlul Inspecţiei energetice.

5. Acordarea de asistenţă tehnică centralelor electrice, la cererea acestora sau la sesizarea directă a IRME, pentru rezolvarea unor probleme tehnice dificile.

b) *Prin activitatea de studii şi cercetări* s-a urmărit :

1. Efectuarea de studii termoenergetice de sinteză sau cu temă limitată, pentru stabilirea condiţiilor tehnice şi oportunităţii introducerii unor metode noi de exploatare în cadrul întreprinderilor energetice din sector.

2. Efectuarea de cercetări termoenergetice direct pe agregatele în funcţionare, pentru introducerea unor metode noi de exploatare, de pildă probe de funcţionare cu vid înrăutăţit, probe de funcţionare cu suprasarcină, controlul neetanşeităţilor condensatoarelor cu fluoresceină, pornirea rapidă a cazanelor şi turbinelor, cercetări pentru stabilirea minimului tehnic de agregate, cercetări termochimice pentru degazarea apei de alimentare şi pentru introducerea de mijloace noi, moderne de separarea aburului în tamburii cazanelor etc.

3. Întocmirea documentaţiilor tehnice sub formă de proiecte tehnice sau de execuţie, pentru lucrările de modernizare din centrale.

Pe linia introducerii tehnicii noi în exploatarea centralelor termoelectrice, s-a realizat o serie de lucrări care au mărit eficienţa economică a acestora, contribuind în acelaşi timp şi la mersul sigur fără întreruperi. Dintre acestea menţionăm pe cele mai importante :

— mărirea debitului şi randamentului la circa 90% din cazanele vechi. S-au obţinut sporuri de debit între 20 şi 60% şi reducerea consumului de combustibil între 3 şi 8% ;

— introducerea dispozitivelor moderne şi eficiente pentru separarea aburului în tambur, la circa 70% din cazanele montate pînă în 1960. Pe lîngă reducerea pierderilor de căldură prin purjare, care la unele cazane afectau cu 0,5% randamentul, s-a obţinut abur curat lipsit de săruri, contribuind la menţinerea randamentului intern ridicat al turbinelor pe întreaga durată de timp după reparaţie ;

— înlocuirea arzătoarelor de gaze vechi, cu tipuri noi, moderne, la circa 90% din cazanele montate înainte de 1950 ;

— înlocuirea instalaţiilor de epurare vechi cu altele de tip nou sau îmbunătăţirea celor existente ;

— introducerea instalaţiilor de preîncălzire regenerativă la toate centralele şi extinderea preîncălzirii de înaltă presiune la centralele unde ciclurile termice permit. Aportul economic al acestor lucrări a variat în funcţie de centrală, reducîndu-se consumul specific de combustibil al acestora cu 3–6% ;

— introducerea dispozitivelor de curăţire automată a condensatoarelor cu bile de cauciuc. Documentaţiile tehnice demonstrează eficienţa economică a introducerii curăţirii condensatoarelor cu bile de cauciuc corespunzător reducerii consumului specific de combustibil al centralei cu 0,5–1% ;

— introducerea controlului cu raze ultraviolete şi fluoresceină al neetanşeităţilor condensatoarelor şi schimbătoarelor de căldură. S-a adus o contribuţie esenţială la îmbunătăţirea calităţii apei de alimentare, la reducerea purjei continue a cazanelor şi la îmbunătăţirea calităţii aburului ;

— efectuarea încercărilor pentru funcţionarea în regim de suprasarcină a grupurilor de construcţie sovietică montate după 1950.

Dintre lucrările tehnico-ştiinţifice mai importante în acest domeniu, ce se vor prezenta la sesiune, menţionăm :

— Metodă simplificată de calcul al ciclului termic şi aplicarea acesteia la circuitele termice ale centralelor termoelectrice. Prin metoda propusă se pot efectua calcule ale ciclurilor termice într-un timp foarte scurt şi cu o precizie suficientă.

— Aspecte de proiectare şi construcţie a arzătoarelor de gaze şi debit mare (500–2500 m³/h).

— Cercetări şi rezultate privind posibilitatea de supraîncărcare a turbinelor de abur existente.

— Metodă analitică de calcul termic al camerelor de ardere la cazanele de abur, stabilită pe baze analitice. Rezultatele aplicării metodei au demonstrat o precizie a calculului simţitor mărită. Metoda de calcul este în curs de generalizare.

— Cercetări în problema funcţionării turbinelor de condensaţie în regim de vid înrăutăţit. În cursul probelor efectuate s-a obţinut o încălzire a apei de reţea pînă la 75–80°C. Se arată dispozitivele suplimentare folosite pentru controlul lagărului axial şi răcirea părţii posterioare a carcaselor turbinelor.

— Rezultatele obţinute în ameliorarea calităţii aburului prin introducerea separatoarelor centrifugale. Aburul debitat de cazanele centralei Ovidiu II era de calitate necorespunzătoare, datorită imperfecţiunii construcţiilor interioare ale tamburului. Acest lucru a fost scos în evidenţă printr-o serie de încercări termochimice, încercări prin care s-au stabilit şi indicii chimici limită ai apei din cazan.

— Montarea unor separatoare centrifugale a permis mărirea indicilor chimici ai apei din cazan, obţinerea unui abur curat şi reducerea purjei.

Sectorul hidroenergetic, înfiinţat în semestrul II al anului 1962, a umplut un gol ce se resimţea din ce în ce mai mult în sectorul nostru energetic. O serie de probleme de exploatare de specific hidroenergetic şi hidromecanic au rămas an de an nerezolvate şi mereu amînate, deşi acest lucru atrăgea după sine păstrarea unor indici economici necorespunzători în centralele noastre hidroelectrice.

Pînă în prezent, activitatea pe linie hidroenergetică a IRME a fost caracterizată în special prin probleme de organizare şi printr-o acţiune multilaterală de informare asupra necesităţilor sectorului energetic în acest domeniu. În paralel, însă, au fost atacate şi unele teme cu obiective concrete, şi anume :

— raţionalizarea exploatării sistemului Moroieni-Dobreşti în vederea îmbunătăţirii randamentului global ;

— întocmirea prognozei volumului de apă intrat în lacul de acumulare Bicaz ;

— măsuri pentru combaterea cavitaţiei la turbinele hidraulice ;

— studiul decolmatării lacului de acumulare Dobreşti.

Întrucît această activitate este încă în fază de dezvoltare, nu au putut fi prezentate la actuala sesiune de comunicări referate de specialitate din acest domeniu.

Colaborare tehnico-ştiinţifică

Pentru rezolvarea temelor din planul său, IRME a căutat să desfăşoare o cît mai largă colaborare atît pe plan intern cît şi pe plan extern. Astfel :

Pe plan intern

S-au încheiat convenţii directe de colaborare privind problemele :

Determinarea supratensiunilor de comutaţie, repartiţia optimă a sarcinilor, introducerea reglajului frecvenţă-putere etc. — cu Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

Comportarea întreruptorului IUP-110 kV, precum şi alte utilaje energetice — cu uzina „Electroputere".

De asemenea, potrivit problemelor prevăzute în planul tehnic, cum şi cererilor de ambele părţi, se duce o activitate de colaborare tehnico-ştiinţifică cu :

ICET — privind probleme de automatizări şi telemecanizări în sectorul energetic ;

ISCIR — în probleme de cazane ;

IFA şi Centrul de calcul Bucureşti — privind utilizarea calculatoarelor electronice în sistemul energetic ;

ICTT — privind probleme de telecomunicaţii prin unde ultrascurte şi microunde ;

ICEMIN — în problema combustibililor şi a arderilor ;

Institutul politehnic-Bucureşti — în domeniul supratensiunilor de comutaţie, reglaj automat de sistem etc. ;

Toate întreprinderile regionale de electricitate şi întreprinderile de centrale electrice, cum şi cu UPDE şi ISPE — privind problemele de cercetare în domeniul raţionalizării şi modernizării instalaţiilor energetice din exploatare ;

ICSE — în probleme de hidrocentrale.

Pe plan extern

La cererea a două organizaţii din Republica Socialistă Cehoslovacă, şi anume EGU şi ORGREZ, şi pe baza Hotărîrii nr. 134—12 privind colaborarea directă tehnico-ştiinţifică, s-a încheiat o convenţie directă de colaborare între cele două organizaţii de mai sus pe de o parte şi IRME pe de altă parte.

Colaborarea priveşte rezolvarea în comun a temelor de cercetare ştiinţifică stabilite, schimb de lucrări documentare, referate, informări, reviste, buletine şi alte publicaţii, cum şi consfătuiri ale specialiştilor atît în R.P.R. cît şi în R.S.C.

De asemenea, pe linia lucrărilor de cercetare în cadrul Secţiei IV CAER, IRME colaborează cu organizaţiile de specialitate din toate ţările membre CAER.

*

Temele de cercetare efectuate de IRME în cadrul diverselor sectoare de activitate au fost îndreptate spre ridicarea nivelului tehnic al exploatării în sectorul energetic.

Nivelul cercetărilor realizate în IRME de la înfiinţare şi pînă în prezent a crescut continuu. În prezent se poate considera că, în majoritatea cazurilor, cercetările au fost la un nivel tehnic superior, rezultatele acestora oglindindu-se în rezolvarea unor probleme de exploatare, în economii realizate, atît prin reducerea consumurilor specifice în centrale cît şi prin creşterea puterii disponibile, sau prin reducerea numărului de personal, datorită introducerii instalaţiilor de telemecanică şi automatizare.

De asemenea este de menţionat faptul că, prin planul de asimilare, IRME a căutat să introducă aparataj modern fabricat în ţară şi prin care se realizează economii de valută.

Bineînţeles că în activitatea IRME au fost şi unele aspecte negative, datorită fie unor cauze interne, fie unor cauze externe. Dintre acestea menţionăm numai două, care pot avea consecinţe grave.

Unul dintre aceste aspecte, care a frînat într-o oarecare măsură dezvoltarea normală a IRME, a fost lipsa unei orientări precise a întreprinderii, mai ales în perioada de început. Astfel pe primul plan se situa activitatea de asimilări de produse noi, cu trecerea lor imediată în procesul de producţie, activitatea de asistenţă tehnică şi cea de studii şi cercetări necesare bunului mers al instalaţiilor energetice fiind lăsate pe planul al doilea. Această orientare greşită a fost sesizată de către IRME încă din 1961 şi remediată în cea mai mare parte la începutul anului 1962, primele rezultate făcîndu-se deja simţite.

Al doilea aspect a constat în faptul că activitatea de studii şi cercetări în primii ani de la înfiinţare s-a desfăşurat mai mult sau mai puţin la întîmplare ; în momentul de faţă, şi această activitate se duce pe baza unui plan de perspectivă în mod organizat şi care ţine seamă de necesităţile importante ale sectorului energetic.

Concluzii

Din analiza prezentată se pot trage o serie de concluzii în legătură cu rolul IRME în viaţa sectorului energetic al Departamentului Energiei Electrice şi cu modul cum a fost îndeplinit acest rol pînă în prezent.

1. IRME a fost concepută ca unul dintre principalele organisme cu ajutorul căruia Departamentul Energiei Electrice trebuia să introducă tehnica nouă în instalaţiile din sistemul energetic naţional, prin acordarea unei asistenţe tehnice calificate şi centralizatoare.

2. Totodată IRME a avut de completat şi alte goluri, în principal născute de lipsa unui institut departamental de cercetări energetice ; ca urmare a acestui fapt, IRME a fost obligată să iniţieze şi să dezvolte cercetări tehnico-ştiinţifice legate de exploatarea sistemului energetic într-un număr variat de probleme.

3. Lipsa unei organizări în sectorul industriei constructoare de maşini şi electrotehnice a producţiei de instalaţii şi aparataje unicale şi de serie mică, imperios necesare sectorului energetic, a trebuit de asemenea suplinită de IRME.

4. În cei trei ani de viaţă, pentru a face faţă cererilor multiple, IRME s-a dezvoltat extrem de rapid atît în ceea ce priveşte cadrele cît şi baza materială. Această creştere trebuie însă privită din punctul de vedere al necesităţilor care erau complet neacoperite şi care mai sînt şi azi în bună măsură nerezolvate.

Dezvoltarea rapidă a IRME a întîmpinat greutăţi deosebit de mari pentru o întreprindere nouă.

5. Cu toate deficienţele existente în această perioadă, se poate spune că la ora actuală nu există unitate a departamentului care să nu fi venit în contact în vreun fel oarecare cu IRME.

6. Dacă asistenţa tehnică în domeniul termomecanic s-a făcut simţită mai multă vreme, în domeniul părţii electrice a sistemului (cu excepţia punerilor în funcţiune) ea s-a făcut simţită abia în anul 1962. Anul 1963 va marca, în urma eforturilor noastre, trecerea la o fază de activitate organizată în această problemă, urmărindu-se problemele tehnice majore ale exploatării şi ţintindu-se spre obiective economice importante, chiar dacă ele sînt realizabile într-o etapă de cîţiva ani.

7. Activitatea de plan tehnic, de asistenţă tehnică şi de producţie experimentală trebuie să meargă mînă în mînă şi să se completeze reciproc ; aceasta este o teză fundamentală a modului în care IRME consideră că trebuie să-şi ducă activitatea, şi rezultatele obţinute pînă în prezent, atît cele pozitive cît şi cele negative, nu fac decît să confirme justeţea acestei teze, care stă la baza profilului de perspectivă pe care IRME şi l-a propus în lumina Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R.

8. Activitatea de studii şi cercetări din planul tehnic a fost dusă pînă în prezent în condiţii din ce în ce mai bune, atît în ceea ce priveşte volumul cît şi calitatea acestora. Totuşi mai avem multe de făcut pentru a ridica nivelul acestor lucrări la cerinţele tehnicii moderne, şi anul 1963 va trebui să fie un an în care eforturile să fie depuse în special în vederea ridicării nivelului tehnico-ştiinţific al lucrărilor şi a eficienţei economice a acestora.

Nu trebuie uitat că IRME nu a avut nici un fel de sprijin în obţinerea de-a gata a unor cadre de cercetare calificate, că aceste cadre de care dispune sînt în general foarte tinere şi că s-au format chiar în IRME, fiind chemate să execute lucrări la termen scurt după intrarea lor în activitatea de cercetare. În aceste condiţii era inevitabil să se obţină unele lucrări de calitate nesatisfăcătoare sau insuficient aprofundate ; această situaţie, însă, nu mai poate continua în 1963 şi în anii următori.

9. La faza de dezvoltare actuală a IRME nu se mai poate conta pe un salt calitativ sensibil fără dezvoltarea unei baze materiale corespunzătoare.

În activitatea noastră depusă pînă în prezent, un sprijin deosebit l-am primit din partea Departamentului Energiei Electrice, care a urmărit şi ajutat îndeaproape dezvoltarea IRME de la înfiinţare şi pînă în prezent şi fără de care nu s-ar fi putut ţine actuala sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice.

De asemenea, o colaborare şi un sprijin permanent l-am primit din partea întreprinderilor regionale de electricitate şi a întreprinderilor de centrale electrice.

Prin actuala sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice — — prima de acest fel în cadrul întreprinderii noastre — se vor pune bazele unui larg schimb de experienţă atît cu unităţile din cadrul D.E.E., care folosesc aparatura şi rezultatele activităţii noastre, cît şi cu alte unităţi din afara departamentului.

Dacă prima sesiune nu va fi, poate, la nivelul tehnic cel mai ridicat, ne vom strădui ca activitatea depusă pe viitor să fie cît mai bogată şi la un nivel tehnic corespunzător, astfel ca la viitoarele sesiuni tehnico-ştiinţifice să ne putem prezenta cu lucrări de calitate cît mai bună. Scopul acestei sesiuni de comunicări este, pe de o parte, prezentarea în fața departamentului și a întreprinderilor și instituțiilor din cadrul departamentului a activității noastre tehnico-științifice, dusă în cadrul sectorului energetic, iar pe de altă parte posibilitatea unui larg schimb de experiență cu întreprinderile cu care am venit în contact, prin discuțiile ce se vor purta pe marginea referatelor prezentate.

Prin aceasta vom cunoaște punctele de vedere ale acestor întreprinderi, ceea ce va constitui un sprijin prețios în activitatea noastră de viitor.

Construcţia analizoarelor de reţea în curent continuu la IRME

Ing. *JEAN POMÎRLEANU*

Proiectarea și exploatarea sistemelor energetice moderne necesită rezolvarea unui număr mare de sarcini complicate legate de cercetarea regimurilor de funcționare a sistemului, atît pentru cazurile normale cît și pentru cele de avarie. Rezolvarea analitică a acestor probleme necesită un volum mare de calcule realizate de personal cu calificare înaltă.

Pentru realizarea lor cu ușurință a apărut necesitatea folosirii unor modele ale sistemelor electrice executate în curent continuu sau în curent alternativ. Cu ajutorul acestora, întregul domeniu al problemelor legate de proiectarea și exploatarea sistemelor energetice se poate rezolva rapid, simplu și cu mare exactitate, întrucît modelarea sistemului energetic exclude necesitatea folosirii unor serii de simplificări și ipoteze obligatorii, inevitabile de obicei la efectuarea calculelor analitice.

Răspîndirea largă a modelelor alimentate în curent alternativ este limitată de costul lor relativ mare și de complexitatea lor. Modelele de rețea în curent continuu se folosesc cu precădere pentru cercetarea rețelelor de joasă tensiune și pentru măsurători de scurtcircuit și circulații de puteri în rețelele de medie tensiune și înaltă tensiune.

În comparație cu modelele de rețea în curent alternativ, ele sînt simple la manevrat, mici ca dimensiuni și constituie de aceea un mijloc preferat pentru soluționarea așa-ziselor probleme zilnice de rețea.

Primele mese de calcul în curent continuu au fost construite în scopul rezolvării calculului curenților de scurtcircuit, deoarece aceste calcule se complicau tot mai mult pe măsura dezvoltării sistemului energetic.

Cele mai simple mese de calcul în curent continuu sînt instalații pe care, cu ajutorul rezistențelor active și al conductoarelor de legătură, se reprezintă schema electrică a sistemului de cercetat în vederea realizării calculului curenților de scurtcircuit. Schema respectivă se alimentează de la o sursă de curent continuu, și cu ajutorul unui voltmetru și al unui ampermetru se măsoară tensiunea și curenții în diferitele ramuri ale sistemului.

Este posibilă reprezentarea elementelor rețelei (generatoare, transformatoare, linii, reactoare) prin rezistențe active, deoarece acestea se caracterizează în general prin rezistențe inductive mari în comparație cu rezistențele active. În aceste cazuri, prin reprezentarea rezistențelor inductive cu rezistențe active, eroarea ce rezultă din această simplificare, dacă nu se ține seamă de defazajul forțelor electromotoare ale generatoarelor, nu este mare, iar pentru calculul curenților de scurtcircuit este admisibilă.

O problemă importantă este aceea a alegerii valorii rezistențelor, inductanțelor sau impedanțelor pentru reprezentarea rețelei electrice pe masa de calcul.

În cazul rețelelor de joasă tensiune, dacă se înlocuiește impedanța unui conductor prin rezistența lui, se face o eroare procentuală:

$$Z\,\% = \frac{Z - R}{Z} \cdot 100 = (1 - \cos \varphi)\ 100.$$

Dacă eroarea admisibilă nu trebuie să depășească 5 %, atunci $\cos \varphi = 0{,}95$. Această condiție corespunde pentru cabluri cu secțiunea cuprinsă între 16 și 25 mm².

Însă în rețelele de joasă tensiune se găsesc și cabluri cu secțiuni mai mari. În acest caz, erorile depășesc cu mult 5 %, deoarece $\cos \varphi$ scade.

Deci la secțiuni mari trebuie întotdeauna să folosim impedanțele cablurilor, și nu rezistențele acestora.

În acest caz apare o a doua problemă de calcul al erorii, și anume aceea dacă nu se comite o greșeală și mai mare legînd în serie impedanța de diferite unghiuri.

Fie două conductoare care au X_1 și X_2, R_1 și R_2. Atunci

$Z' = Z_1 + Z_2$ și suma reală a impedanțelor va fi:

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2}.$$

În acest caz vom avea:

$$Z\,\% = \frac{Z' - Z}{Z}\,100 = \left(\frac{Z'}{Z} - 1\right) 100.$$

Dacă se notează $Z_2 = K_{Z_1}$, atunci:

$$Z\,\% = \left(\frac{1 + k}{1 + k^2 + 2k \cos(\varphi_1 - \varphi_2)} - 1\right) 100.$$

Pentru secțiuni de la 50 mm² Cu în sus și 70 mm² Al, $\cos(\varphi_1 - \varphi_2) = 0{,}866$ și $\varphi_1 - \varphi_2 = 30°$. Atunci:

$$Z\,\% = \left(\frac{2}{2 + 2 \cdot 0{,}866} - 1\right) 100 = 3{,}55\,\%,$$

cea mai mare eroare care se poate face în cazul menționat.

La o rețea buclată se face o însemnată compensare a erorilor, pentru că la legarea în paralel eroarea va fi de semn contrar. În practică, această eroare va fi sub 2 %, și deci adunarea algebrică a impedanțelor este justificată.

Pentru rețele de înaltă tensiune se poate neglija rezistența ohmică a circuitului atîta timp cît $R = \dfrac{X}{2}$.

În general, rețelele de înaltă tensiune satisfac această condiție, și deci se face o primă simplificare a schemei de calcul.

Ca tensiuni pentru barele centralelor se iau tensiunile nominale care se presupun în fază, aceasta fiind cea de-a doua simplificare care se face.

Din cauza acestor simplificări va rezulta o putere de scurtcircuit mai mare decît cea reală.

Atunci cînd există conductoare de secțiuni mici, la rețelele de medie tensiune nu se mai poate neglija rezistența rețelei care este mai mare decît $\dfrac{X}{2}$. Dacă totuși aceasta s-ar neglija, rezultă o putere de scurtcircuit prea mare față de puterea de scurtcircuit reală.

În timp ce la o linie de secțiune egală cu 300 mm² OL-Al, puterea de scurtcircuit astfel calculată este mai mare cu circa 2,5%, la o linie de 110 kV avînd secțiunea de 185 mm² OL-Al este mai mare cu circa 7%, încă acceptabilă, la o linie de 60 kV cu secțiunea de 95 mm² OL-Al este mai mare cu aproximativ 22%.

Luarea în considerație a rezistențelor se reduce în consecință la reprezentarea valorilor impedanțelor pe modelul de rețea prin rezistențe ohmice.

În ceea ce privește erorile, ele vor fi de același ordin cu cele arătate pentru rețelele de joasă tensiune.

Cu cît raportul $\frac{X}{R}$ este mai mare, cu atît influența secțiunii conductorului asupra unghiului impedanței este mai mică. Din această cauză, eroarea la rețelele de tensiune mare este mai mică decît la rețelele de joasă tensiune.

Pentru calculul curenților de scurtcircuit, reprezentarea rețelei trifazate în regim echilibrat se face cu ajutorul unei scheme bifilare echivalente, comportînd un circuit de fază unic și un conductor neutru de întoarcere de rezistență neglijabilă. Conductorul de fază unic este format din rezistențele elementelor rețelei.

Valoarea curentului de scurtcircuit trifazic poate fi determinată după formula

$$I = \frac{E'}{\sqrt{3}\,Z}$$

unde :

E' este forța electromotoare a generatoarelor ;

Z — rezistența schemei sistemului de la punctul aplicării forței electromotoare a generatoarelor (E) pînă la locul de scurtcircuit.

La determinarea valorii curentului în primul moment de scurtcircuit fără a ține seamă de componenta aperiodică, în formulă se introduce forța electromotoare supratranzitorie E'', iar pentru generatoare reactanța supratranzitorie a acestora, X''.

Reprezentarea rețelei trifazice în regim dezechilibrat este de asemenea monofazică, recurgîndu-se la teoria componentelor simetrice, ceea ce conduce la realizarea schemelor echivalente monofazice ale acelor trei sisteme de componente simetrice : direct, invers și homopolar.

Pe mesele de calcul de curent continuu, în afară de calculul curenților de scurtcircuit, pot fi studiate și circulațiile de puteri și nivelele de tensiuni în rețelele electrice.

Pentru rețelele de joasă tensiune, masa de calcul rezolvă complet problema, întrucît unghiurile de impedanță ale liniilor și factorii de putere ai consumatorilor racordați nu prezintă diferențe prea mari, tensiunea în punctele de injecție ale rețelei fiind practic în fază, ceea ce asigură o suficientă precizie în scopuri practice. La diferențe de 30° între unghiurile de impedanță ale liniilor, abaterile la măsura repartiției curenților comportă în cel mai rău caz o eroare de 3,5%.

În calculul rețelelor de joasă tensiune se neglijează căderile de tensiune transversale. La rețelele de înaltă tensiune, în schimb, căderile de tensiune longitudinale și transversale sînt de același ordin de mărime, astfel încît o neglijare poate duce la rezultate false ; de aceea se neglijează cel mult pierderile capacitive transversale, deci pentru linie se consideră o schemă dipol.

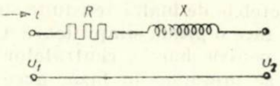


Fig. 1

Dacă se pleacă de la tensiunea la sfîrșitul liniei, U, și se descompune curentul care circulă în linie în raport cu această tensiune în cele două componente :

$$I = I_1 + I_2,$$

unde I_1 este componenta activă față de U și I_2 — componenta reactivă.

Deci pentru începutul liniei se poate scrie :

$$U_1 = U + \Delta U' + \mathrm{j}\,\Delta U'',$$

unde $\Delta U'$ și $\Delta U''$ sînt căderile de tensiune longitudinale și transversale ce permit să fie deduse din relațiile între curenți și rezistențele și reactanțele liniei :

$$\Delta\overline{U} = (\overline{Z}) \cdot (\overline{I})$$

$$Z = R + \mathrm{j}X$$

$$\overline{(I)} = I' + \mathrm{j}I''$$

$$\Delta\overline{U} = (R + \mathrm{j}X)(I' + \mathrm{j}I'') = RI' - XI' + j(XI' + RI'')$$

$$\Delta U' = RI' - XI''$$

$$\Delta U'' = XI' + RI'',$$

care se mai poate scrie :

$$\Delta U' = I'\left[R - \frac{I''}{I'}\,X\right]$$

$$\Delta U'' = I''\left[R + \frac{I'}{I''}\,X\right]$$

sau

$$\Delta U' = rI'$$

$$\Delta U'' = xI'',$$

unde r și x sînt rezistențe, respectiv reactanțe de substituire.

Dacă raportul $\frac{I''}{I'}$ ar fi cunoscut pe fiecare tronson, atunci pot fi realizate două scheme r și x, pe care s-ar obține căderea de tensiune longitudinală dintr-o linie prin multiplicarea curentului activ care circulă cu r, care este o rezistență de substituire, și în mod similar pentru componenta reactivă. Deoarece curenții I' și I'' inițial nu sînt cunoscuți, ei se determină prin metoda pas cu pas, pe baza unui număr de iterații, prin corectarea tensiunilor și recalcularea valorii rezistențelor de substituire r și x.

*

Mesele de calcul în curent continuu se folosesc de circa 40—50 de ani. Ele s-au modernizat mereu și au căpătat o răspîndire din ce în ce mai largă. Și acum ele se folosesc foarte mult, cu toate că s-au elaborat instalații de calcul noi, moderne — — mese de calcul în curent alternativ, calculatoare analogice sau cifrice. Cauza folosirii și astăzi a meselor de calcul în curent continuu este rapiditatea obținerii rezultatelor, simplitatea și siguranța de exploatare.

Posibilitatea efectuării rapide a calculelor în curent continuu este urmarea reproducerii rețelelor electrice doar cu ajutorul rezistențelor active, datorită cărora curenții și tensiunile în model sînt mărimi scalare. Aceasta duce la o pierdere oarecare a preciziei, dar pentru majoritatea rețelelor se obține o eroare mică.

Costul meselor de calcul cu rezistențe active alimentate în curent continuu este de 8—10 ori mai mic decît al meselor de calcul în curent alternativ.

În ultimii ani, întreprinderea pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice a realizat un număr de mese de calcul cu rezistențe active alimentate în curent continuu.

Primele mese de acest gen au fost modele cu schemă fixă. Ele s-au realizat pentru anumite sisteme sau rețele electrice. Astfel, în figura 2 se prezintă masa de calcul în curent continuu pentru rețeaua de 110 kV și 35 kV din Moldova, iar în figura 3 masa de calcul în curent continuu pentru rețeaua de 110 kV, 30 kV și 5 kV din orașul București.

La masa pentru Moldova, elementele reţelei (generatoare, transformatoare, linii, reactoare şi bare) sînt reprezentate pe un panou vertical, fiecare dintre aceste elemente fiind figurat pe un spaţiu anumit, conectarea sau deconectarea după voie a elementelor făcîndu-se cu chei de tip telefonic. Masa este construită pentru calculul curenţilor de scurtcircuit. Rezistenţele figurative ale schemei reprezintă reţeaua directă, inversă şi homopolară, conectarea acestora pentru realizarea scurtcircuitului monofazic, bifazic, bifazic cu pămînt sau trifazic se face cu un comutator general. Măsura curenţilor care circulă în ramurile reţelei în cazul scurtcircuitului studiat, precum şi a tensiunilor ce apar în aceste cazuri de avarii pe barele staţiilor de transformare şi ale centralelor se face de pe partea orizontală a mesei, la cerere, prin intermediul unor butoane cu revenire de tip telefonic.

La masa de calcul pentru oraşul Bucureşti, pe panoul vertical se reprezintă o schemă mnemonică a reţelei respective. Prin becuri plasate în schema mnemonică se indică situaţia conexiunilor şi a punctelor de măsură. Pe placa orizontală a mesei se află cîmpul cu chei de tip telefonic, cu ajutorul cărora se realizează conectarea sau deconectarea fiecărui element pe bara respectivă (poziţia cheilor este semnalizată la beculeţele din schema mnemonică), şi placa cu butoane cu revenire de tip telefonic, cu ajutorul cărora se face măsura la alegere (conectarea unui buton se semnalizează pe schema mnemonică prin beculeţ, indicîndu-se locul unde se face măsura).

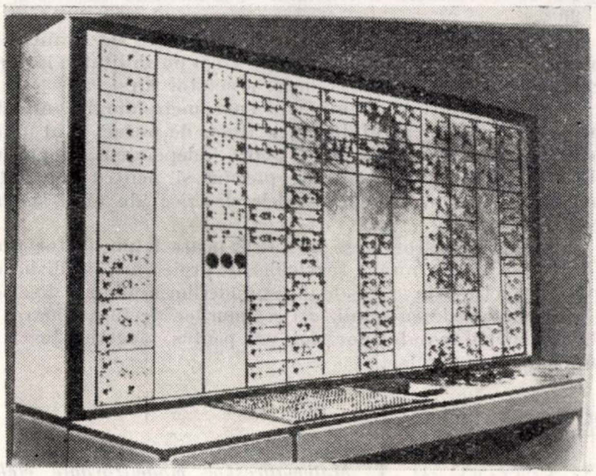


Fig. 2.

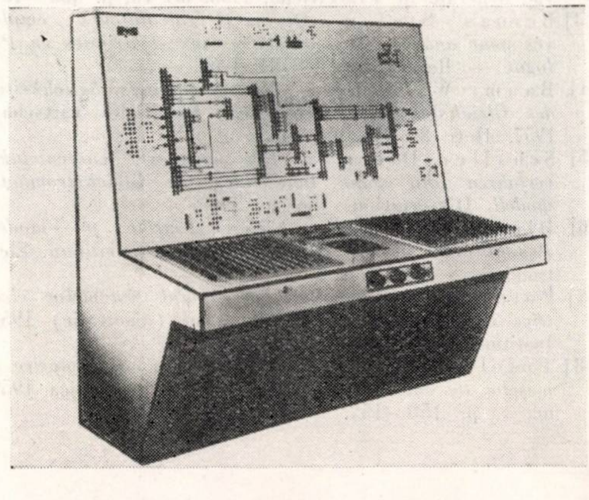


Fig. 3.

Această masă a fost realizată pentru laboratorul de protecţie prin relee pentru analizarea operativă a regimurilor de funcţionare a reţelei în vederea reglării instalaţiilor de protecţie prin relee.

Ambele tipuri de mese descrise mai sus se caracterizează prin faptul că sînt foarte simplu de manevrat şi într-un timp scurt poate fi realizată conexiunea dorită şi examinată schema studiată.

Cu tot acest avantaj important în exploatarea lor, s-au întîmpinat o serie de greutăţi din cauză că nu a putut fi prevăzută de la început configuraţia de perspectivă a reţelei respective (staţii, linii, transformatoare), ceea ce a făcut ca modificările permanente ale elementelor schemei să se facă cu mari dificultăţi.

Aceste modificări nu pot fi făcute decît de un personal special pregătit, prin schimbarea circuitelor interne ale mesei şi prin elaborări mecanice pe panoul central.

Din cauza acestor greutăţi, datorită modificărilor permanente ale schemelor, mai ales într-un sistem energetic ca cel al ţării noastre, caracterizat printr-o dezvoltare rapidă, s-a ajuns la concluzia că soluţia cea mai bună este realizarea unei mese de calcul de tip universal, pe care să se poată realiza orice fel de schemă, iar pe măsura posibilităţilor să poată fi folosită şi pentru alte scopuri decît scurtcircuite. De aceea IRME a proiectat şi realizat un tip nou de mese de calcul, de data aceasta de tip universal, în două variante funcţie de dimensiuni: MCU-108 şi MCU-216.

Masa de calcul tip MCU-108 se compune din:

— 90 elemente de rezistenţe în decade în domeniul 0—999 Ω, variabile din ohm în ohm;

— 18 elemente de rezistenţă în decade în domeniul 0—9990 Ω, variabile din 10 în 10 ohmi;

— 54 elemente pentru modelarea sarcinilor formate din montaje cu tranzistori cu caracteristici de curent independente de tensiune, pentru $I_{max} = 10$ mA şi $U_{max} = 12$ V;

— 3 surse de curent continuu cu reglaj fin în domeniul 0—50 V, pentru $I_{max} = 1000$ mA.

Masa de calcul tip MCU-216 se compune din:

— 180 elemente de rezistenţe în decade în domeniul 0—999 Ω, variabile din ohm în ohm;

— 36 elemente de rezistenţe în decade în domeniul 0—9990 Ω, variabile din 10 în 10 ohmi;

— 120 elemente pentru modelarea sarcinilor formate din montaje cu tranzistori cu caracteristica de curent independentă de tensiune, pentru $I_{max} = 10$ mA şi $U_{max} = 12$ V;

— 3 surse de curent continuu cu reglaj fin în domeniul 0—50 V, pentru $I_{max} = 1000$ mA;

— 8 surse de curent continuu în domeniul 0—20 V, pentru $I_{max} = 200$ mA;

— 4 elemente pentru modelat rezistenţe negative.

Tipul de masă de calcul în curent continuu MCU-108 a fost proiectat pentru dotarea serviciilor de dispeceri regionali ai întreprinderilor de electricitate regionale. Cu acest tip au fost dotate pînă în prezent patru întreprinderi regionale de electricitate.

Acest tip de mese este folosit pentru calcule operative sau pentru proiectare în probleme de: curenţi de scurtcircuit; circulaţii de puteri şi nivele de tensiuni în cazul funcţionării buclate a reţelelor de distribuţie a energiei electrice, în special la joasă şi medie tensiune; repartiţii de puteri şi nivele de tensiuni în reţele omogene de înaltă tensiune.

Tipul de masă de calcul în curent continuu MCU-216 a fost proiectat pentru dotarea dispecerului naţional, a Întreprinderii de electricitate din oraşul Bucureşti şi este în curs de proiectare o masă de calcul pentru ISPE.

Aceste trei mese de calcul se folosesc în aceleaşi scopuri ca şi mesele de tip MCU-108. În plus, în momentul de faţă s-a construit şi o masă de calcul cu titlu experimental pe care se studiază posibilitatea de extindere a domeniului de folosire a meselor de calcul în curent continuu (circulaţii de puteri active şi reactive, precum şi repartiţia optimă de puteri între centralele electrice).

În figura 4 este redată masa de calcul MCU-108, iar în figura 5 masa de calcul MCU-216.

Aceste mese de calcul se realizează sub formă de pupitru din lemn.

La partea superioară a panoului vertical se află elementele de rezistenţă în decade. Valoarea rezistenţelor se modifică cu ajutorul unor fişe de şuntare.

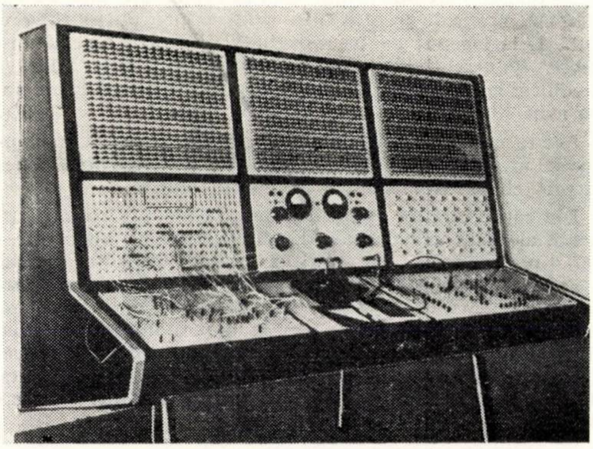


Fig. 4

La partea inferioară a panoului vertical se află placa de bord cu aparatele de măsură şi reglaj, precum şi o placă cu bornele rezistenţelor, sarcinilor şi generatoarelor.

La partea orizontală a mesei de calcul se află panoul de conexiune şi măsură. Panoul de conexiuni se compune dintr-o placă cu bucşe dispuse uniform şi pe coordonate, iar panoul de măsură dintr-o placă cu jacuri dispuse identic cu bucşele de pe panoul de conexiuni şi legate electric cu acestea, fiecărei bucşe de pe panoul de conexiuni corespunzîndu-i un jac pe panoul de măsură. Prin introducerea unor mici fişe de conectare în panoul de măsură pot fi legate mai multe bucşe de măsură dispuse consecutiv în orice directie, care pot fi combinate într-o bară de centrală sau staţie de orice formă şi mărime.

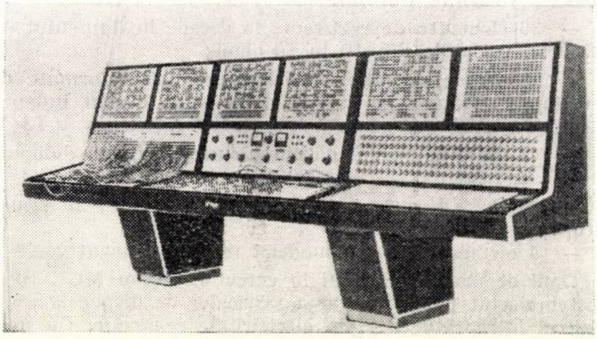


Fig. 5

Pentru realizarea schemei dorite, aceasta se desenează pe o foaie de material plastic cu găuri (şablon) corespunzînd plăcii de conexiune sau plăcii de măsură, care se aplică pe partea orizontală a mesei şi care ajută mult la privirea permanentă a schemei reale a reţelei studiate.

Măsurarea curentului sau a tensiunii într-un punct oarecare al reţelei se face prin introducerea unei fişe de jac în jacul corespunzător punctului măsurat.

Ca instrumente de măsură pe masă sînt folosite :

— voltmetru de tablou clasa 1,5 cu domeniile 0,5 V, 5V şi 50 V ;

— miliampermetru de tablou clasa 1,5 cu domeniile 10 mA 50 mA şi 500 mA ;

— rezistenţa internă introdusă de miliampermetru este 2 Ω pentru domeniul 10 mA şi 0,2 Ω pentru celelalte domenii ;

— galvanometru cu spot luminos clasa 0,5 în montaj de miliampermetru pentru domeniile 7,5 mA, 15 mA, 75 mA, 150 mA şi 750 mA cu şunt de 0,1 Ω, iar în montaj de milivoltmetru pentru domeniile de 7,5 V, 1,5 V, 0,75 V şi 0,15 V.

Alimentarea acestor mese de calcul se face de la reţea, iar pentru stabilizarea tensiunii de alimentare se dispune de stabilizator de tensiune, ce asigură un grad de stabilizare de $\pm 2\%$ la o variaţie a tensiunii de alimentare de $+5\%$ şi -20%.

Acest tip nou de mese de calcul a eliminat dezavantajele meselor de calcul cu schemă fixă şi a creat posibilitatea lărgirii cu mult a domeniului de folosire a acestor mese.

În prezent se studiază întocmirea unei metodologii complete pentru realizarea calculului circulaţiilor de puteri şi al nivelelor de tensiuni în orice fel de reţea, independent de gradul de neomogenitate a acesteia, precum şi pentru repartiţii optime de sarcini între centralele electrice ale unui sistem energetic.

Realizarea acestor mese de calcul poate fi un ajutor preţios în special în munca serviciilor de proiectări, de dispecer şi de protecţie prin relee ale întreprinderilor regionale de electricitate, în vederea analizării regimurilor de funcţionare, a dimensionării instalaţiilor noi sau pentru alegerea justă a protecţiei prin relee.

Bibliografie

[1] Azariev, D. I. *Matematiceskoe modelirovanie elektriceskih sistem.* Gosenergoizdat — Moscova 1962.

[2] Magnieu, M., Boyer M. *La nouvelle table à calcul à courant continu d'Electricité de France* — Revue Générale de l'Electricité, 1953, nr. 10, p. 455—467.

[3] Bernas Stefan. *Quelques calculateurs employés pour analyser les grands réseaux electriques en Pologne* — Raport 316 CIGRE 1960.

[4] Baum, W., Scherl, R. *Anwendungsmöglichkeiten des Gleichstrom — Netzmodels.* Elektrizitätswirtschaft 1957, Heft 8, p. 240—245.

[5] Schaller Dietmar. *Das komplexe Knotenpunktverfahren und seine Darstellung am Gleichstromnetzmodell.* Dissertation. Ilmenau 1960.

[6] Dimo, P. *Calculul reţelelor electrice pe model. Posibilităţile meselor de calcul de curent continuu.* Electrotehnica, 1952, nr. 5.

[7] Potolea, E. *Contribuţii la studiul sistemelor electrice cu ajutorul meselor de calcul* (disertaţie) 1956. Institutul Politehnic Bucureşti.

[8] Potolea, E. *Extinderea domeniului de folosire a meselor de calcul de curent continuu.* Energetica 1959, nr. 4, p. 150—157.

Calculator electronic pentru repartiţia optimă a sarcinilor între centrale ţinînd seamă de pierderile în reţele

Ing. *M. DAVIDOVICI*, ing. *AL. IANCU*, ing. *TR. IONESCU*, şi ing. *AD. WEISS*

În conducerea sistemului energetic de către dispecer, problema principală ce se pune este aceea de a repartiza sarcinile electrice între centrale în funcţie de consumul de energie electrică. Deoarece de multe ori intervin situaţii în care apar variaţii mari, fie din cauza consumatorilor, fie prin ieşirea din funcţiune a unui grup dintr-o centrală, repartiţia sarcinilor în acest caz pune pe dispecer în situaţia de a lua hotărîri rapide. Aceste hotărîri vor trebui să se facă în condiţia repartiţiei optime economice a sarcinilor, lucru destul de greu de realizat în condiţiile actuale de exploatare.

Pentru uşurarea muncii dispecerului de serviciu, este în curs de construcţie un calculator electronic de tip analogic, cu ajutorul căruia se va putea calcula rapid repartiţia sarcinilor electrice între centrale. Prin aceasta se pot realiza economii importante, deoarece criteriul de lucru cu ajutorul calculatorului electronic este acela al optimului economic.

1. Schema-bloc a calculatorului

Problema optimizării repartiţiei sarcinii active între n centrale corespunde cu problema debitării unei puteri totale P_0, dată cu un preţ minim sau cu consum minim de combustibil.

Dacă notăm cu P_i puterea produsă de centrala i, cu p pierderile în reţea, cu P_0 puterea totală cerută de consumatori şi cu T_i costul orar sau consumul orar de combustibil al centralei i, se pot scrie relaţiile:

$$P_0 = \Sigma P_i - p \tag{1}$$

$$T_i = f_i(P_i). \tag{2}$$

Admiţînd ipotezele simplificatoare introduse în [1], se mai poate scrie relaţia:

$$p = F\ (P_1,\ P_2, \ldots, P_n). \tag{3}$$

Problema revine la a se căuta minimul expresiei $\Sigma\ T_i$ ţinînd seamă de condiţia de legătură (1), care cu ajutorul relaţiei (3) este funcţie de cele n variabile P_i.

Aceasta înseamnă să se anuleze toate derivatele parţiale $\frac{\partial \Phi}{\partial P_i}$ ale funcţiei Φ definite astfel:

$$\Phi = \Sigma T_i - \lambda\ (\Sigma P_i - p).$$

Deci

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_i} = \frac{dT_i}{dP_i} - \lambda \left(1 - \frac{\partial p}{\partial P_i} \right) = b_i - \lambda\ (1 - \sigma_i) = 0,$$

unde $b_i = \frac{dT_i}{dP_i}$ (consumul specific diferenţial) şi $\sigma_i = \frac{\partial p}{\partial P_i}$

rezultă

$$\frac{b_i}{1 - \sigma_i} = \lambda = \text{const.} \tag{4}$$

Pentru a putea modela această relaţie cu ajutorul unui calculator analogic, trebuie stabilite expresiile lui σ_i şi b_i.

S-a demonstrat [1], [2] că

$$p = \sum_i \sum_j B_{ij}\, P_i\, P_j,$$

unde B_{ij} sînt nişte coeficienţi caracteristici unei configuraţii date a reţelei. Rezultă: $\sigma_i = \sum_j 2B_{ij}\ P_j = \sum_j B'_{ij}\ P_j$.

În privinţa mărimilor b_i, în general acestea sînt funcţii monoton crescătoare de P_i, care pot fi simulate uşor cu generatoare de funcţii neliniare (în primă aproximaţie se poate presupune că variaţia lui b_i este liniară, de forma $b_i = M_i + \frac{P_i}{N_i}$, în care M_i şi N_i sînt nişte coeficienţi specifici fiecărei centrale).

În aceste condiţii (4) se scrie:

$$b_i = \lambda\ (1 - \Sigma\ B_{ij}\ P_j)$$

şi în plus

$$P_i = G(b_i) - \text{inversa funcţiei } b_i\,(P_i).$$

Aceste egalităţi se pot simula uşor su schema din figura 1, care corespunde sistemului GEDA descris în [2].

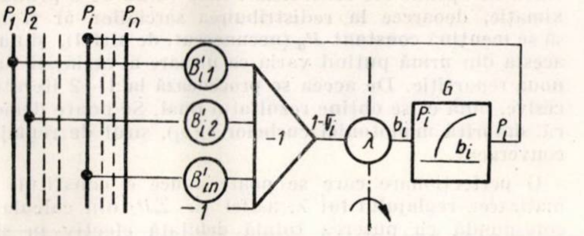


Fig. 1.

Lanţul de mai sus se repetă, bineînţeles, de n ori (echivalent cu numărul de centrale).

Dacă se consideră b_i o funcţie liniară de P_i, $b_i = M_i + \frac{P_i}{N_i}$, în locul generatorului de funcţii neliniare G apare schema din figura 2, compusă doar din amplificatoare operaţionale şi două potenţiometre-coeficienţi.

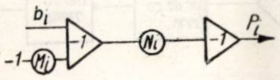


Fig. 2.

Parametrul λ fiind comun tuturor ecuaţiilor, el va fi simulat prin poziţia comună a n potenţiometre coaxiale. Pentru ca soluţia dată de calculator să fie practic realizabilă, mai este necesar să se introducă anumite restricţii în privinţa valorilor pe care le poate lua P_i, care nu are voie să scadă sau să crească în afara limitelor impuse de buna funcţionare a centralei respective. Aceasta corespunde cu introducerea unui limitator între ieşirea blocului neliniar, care dă pe P_i, şi barele de pe care se culeg valorile P_i. În plus se mai poate introduce un sumator care să dea ΣP_i de pe toate barele. Calculatorul mai trebuie prevăzut cu un dispozitiv de citire a mărimilor P_i sau ΣP_i.

Schema-bloc definitivă a calculatorului este cea redată în figura 3.

Cu un astfel de calculator se va lucra în felul următor:

— Potenţiometrele B'_{ij} se reglează corespunzător configuraţiei actuale a reţelei, iar generatoarele de funcţii neliniare (sau potenţiometrele M_i şi N_i) corespunzător curbelor actuale ale diverselor centrale. Aceste reglaje sînt semipermanente, ele corectîndu-se doar atunci cînd se modifică rețeaua sau respectiv grupurile unei centrale. Apoi, cunoscîndu-se suma puterilor debitate în sistem de către toate centralele, la momentul dat, se reglează potențiometrul multiplu λ pînă ce la ieșirea amplificatorului sumator se regăsește pentru ΣP_i o valoare egală cu suma puterilor efectiv debitate.

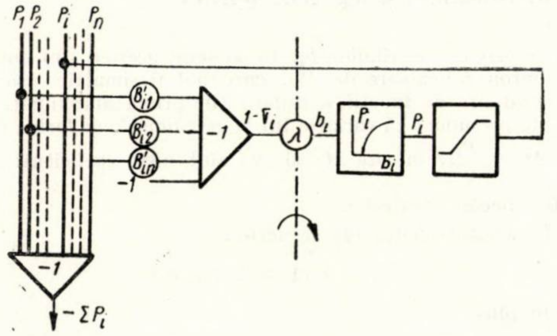


Fig. 3.

Mărimile individuale P_i dau în primă aproximație încărcările optime ale centralelor. Este vorba de o primă aproximație, deoarece la redistribuirea sarcinilor ar fi trebuit să se mențină constant P_0 (necunoscut, de altfel), și nu ΣP_i, acesta din urmă putînd varia ca urmare a variației lui p în noua repartiție. De aceea se procedează la 1–2 iterații succesive, pînă ce se obține rezultatul final. Se poate demonstra că, datorită monotoniei curbelor $b_i(p_i)$, șirul de reglaje este convergent.

O perfecționare care se poate aduce o constituie automatizarea reglajului lui λ, astfel ca ΣP_i din calculator să corespundă cu puterea totală debitată efectiv în sistem, P_{tot}. Această putere poate fi introdusă manual în calculator sau poate fi obținută prin însumarea (tot în calculator) a puterilor telemăsurate de la punctul de dispecer. Schema-bloc a acestui dispozitiv automat este dată în figura 4.

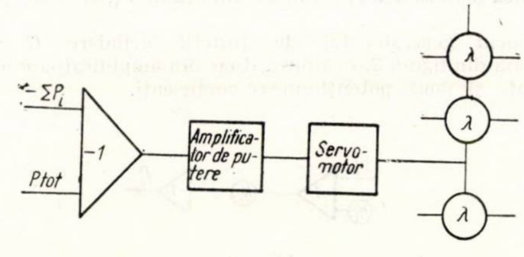


Fig. 4.

Pentru realizarea unei astfel de mașini electronice de calcul sînt necesare următoarele blocuri funcționale : amplificatoare operaționale (sumatoare), generatoare de funcții neliniare, limitatoare, potențiometre-coeficienți și în plus dispozitivele de măsurat. Vom da mai jos soluțiile adoptate pentru diversele elemente componente ale calculatorului analogic.

2. Elemente componente ale calculatorului

2.1. *Amplificatorul operațional*

Ținînd seamă că în schema-bloc amplificatoarele operaționale nu intervin decît ca sumatoare sau schimbătoare de semn, s-a adoptat o soluție simplă de amplificator de curent continuu. Acesta a fost conceput să poată lucra și ca amplificator diferențial în cazul în care ar fi completat cu un amplificator de curent alternativ cu vibrator pentru corectarea automată a derivei.

Amplificatorul este prevăzut cu un reglaj de zero în placa liberă a etajului diferențial. Alimentarea filamentului primului tub se face cu o tensiune continuă stabilizată, pentru a reduce deriva și zgomotul de rețea. Pentru micșorarea curentului de grilă, filamentul a fost subalimentat, cu 20% din tensiune.

Ținînd seama că amplificatorul operațional este elementul cel mai mult folosit în calculator, el intervenind de asemenea în generatoarele de funcții neliniare, în limitatoare și în stabilizatoarele de tensiune de alimentare, el a fost conceput astfel ca să fie ușor de construit și să fie cît mai reproductibil. Pentru aceasta s-a adoptat tehnica circuitelor imprimate.

Schema principală a amplificatorului operațional este redată în figura 5. Caracteristicile amplificatorului sînt :

- amplificatoare cu bucla deschisă : $A_0 > 5 \times 10^4$;
- tensiunea de ieșire maximă $\pm$ 50 V ;
- impedanța de sarcină minimă 5 k Ω ;

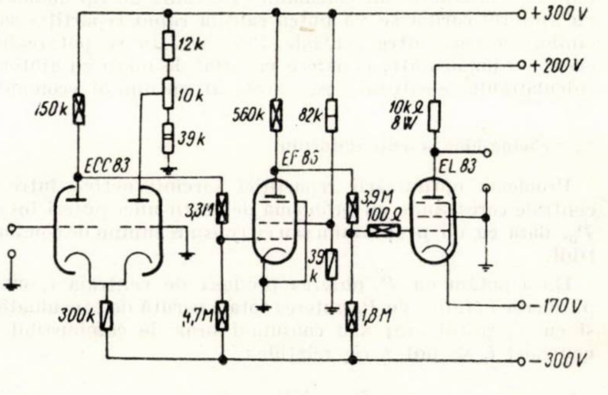


Fig. 5.

Consumuri :

tensiuni anodice :	+200 V c.c.	20 mA
	−170 V c.c.	23 mA
	+300 V cc.	9 mA
	−300 V c.c.	1 mA
tensiuni de filament :	10 V c.c.	150 mA
	6,3 V c.a.	175 mA
	6,3 V c.a.	700 mA
	(polarizat la	−170 V).

2.2. *Generatorul de funcții oarecare*

Fiind dată funcția oarecare $y = f(x)$, aceasta poate fi aproximată în anumite limite de precizie, prin segmente de dreaptă, fixînd punctele de schimbare a pantei și pantele segmentelor.

Simularea segmentelor de dreaptă se poate face în mai multe moduri.

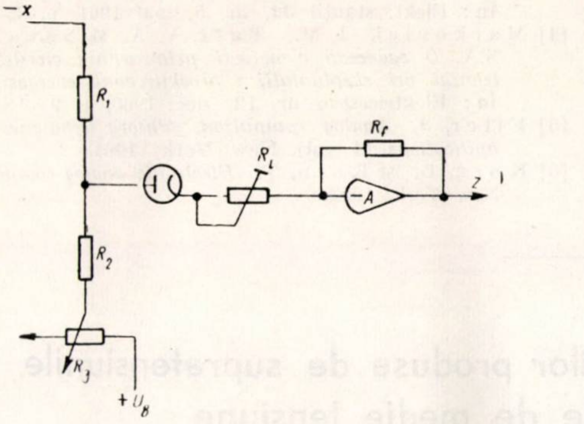
S-a ales soluția cu diode pentru generatorul de funcții oarecare ca fiind cea mai răspîndită, avînd în vedere că segmentele de dreaptă prin care se aproximează funcția se realizează în mod convenabil.

Schema de principiu adoptată pentru o diodă este dată în figura 6.

Prin intermediul potențiometrului R_3 se modifică punctul de schimbare a pantei, iar prin modificarea lui R_i se variază valoarea pantei segmentului. Avantajul soluției adoptate constă în faptul că cele două reglaje sînt independente. Variația pragului, deci modificarea punctului de schimbare a pantei, modifică valoarea pantei cu mai puțin de 2,5%.

În soluția aleasă se utilizează ca diodă tubul EAA 91, alimentat cu 5V la filament pentru a obține o micșorare a curentului de zero al acestuia. Valorile alese în schemă au permis o variație a pantei fiecărui segment de la $2 \cdot 10^{-2}$ la 2. Variația pragului fiecărui segment se face în tot domeniul de lucru, și anume de la 0 la 50 V, prin intermediul sursei auxiliare $+U_B = 50$ V.

Generatorul de funcții este constituit din 10 diode care determină 10 segmente de dreaptă, ale căror puncte de plecare se pot găsi oriunde în intervalul de lucru, și de un segment de dreaptă (cu pantă variabilă de la 0 la 2), care pleacă din origine.

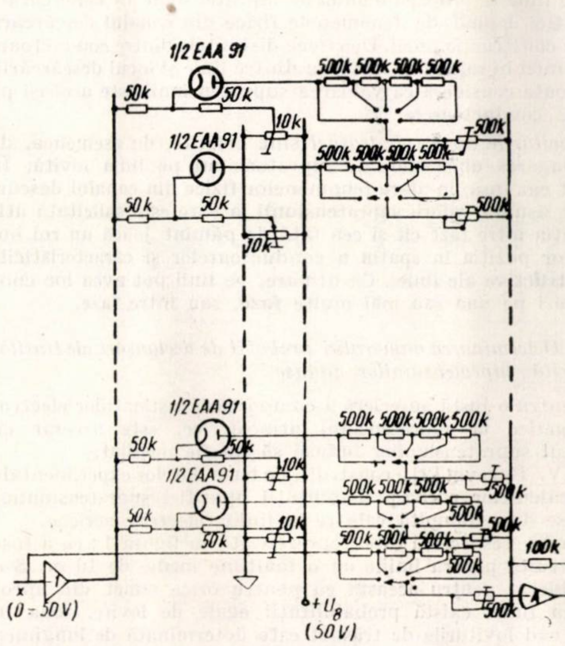


-x
R_1
R_f
R_L
-A
z
R_2
R_3
$+U_B$

Fig. 6.

Schema de principiu a generatorului de funcții este dată în figura 7.

Cu generatorul proiectat se poate realiza un număr de 11 segmente de dreaptă cu ajutorul cărora se pot reproduce funcțiile clasice (parabolă, sinus etc.) cu o precizie globală de circa 5%.



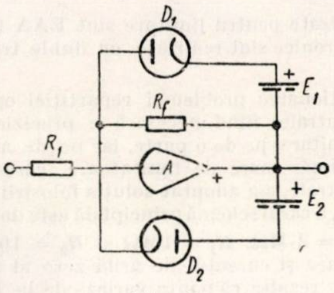
1/2 EAA 91
50k
10k
500k
100k
x
(0-50V)
$+U_B$
(50V)
-A
z

Fig. 7.

În cutia generatorului de funcții se vor îngloba două amplificatoare operaționale și un sistem de măsurare a pragurilor segmentelor de dreaptă. Panta segmentelor de dreaptă se va putea etalona brut cu ajutorul unui comutator și fin cu un potențiometru de reglaj.

2.3. *Limitatorul*

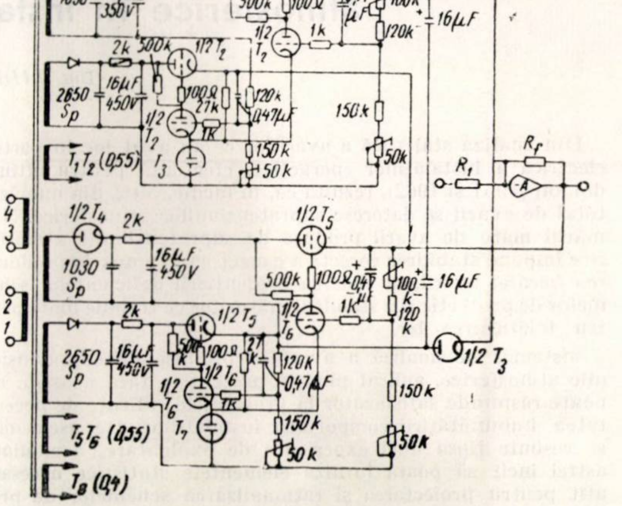
În alegerea soluției limitatorului s-a ținut seamă și de obținerea unei erori cît mai mici, ceea ce a impus introducerea diodelor de limitare în circuitul de reacție.



D_1
E_1
R_f
R_1
-A
E_2
D_2

Fig. 8.

Astfel a fost ales limitatorul serie pe ieșire, schema de principiu fiind dată în figura 8.

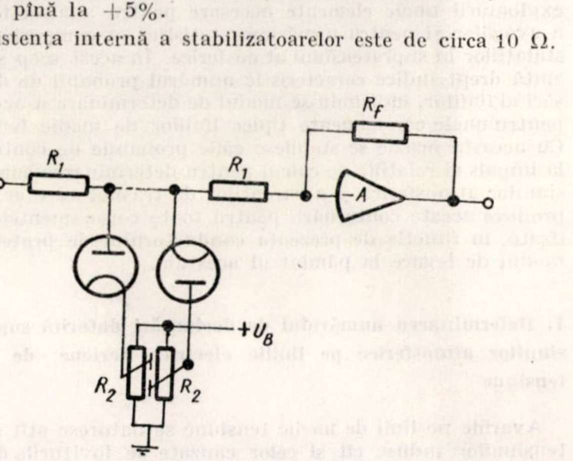


1/2 T_4
1/2 T_1
1/2 T_8
1/2 T_2
1/2 T_7
2k
16μF 350V
16μF 450V
1030
2650 S_p
500k
100Ω
0,47 μF
100k
120k
1k
16μF
27k
150k
50k
T_1T_2 (Q55)
R_1
R_f
-A
1/2 T_5
1/2 T_6
1/2 T_3
T_5T_6 (Q55)
T_8 (Q4)
4
3
2
1

Fig. 9.

Sursele E_1 și E_2 sînt variabile între 0 și 50 V cu o stabilitate de 5.10^{-3} la variații ale tensiunii de rețea de -15% pînă la $+5\%$.

Rezistența internă a stabilizatoarelor este de circa 10 Ω.



R_F
R_1
R_1
-A
$+U_B$
R_2
R_2

Fig. 10.

Alegînd $R_i = R_f = 1$ MΩ şi avînd amplificarea amplificatorului operaţional pe buclă de 5.10^4, rezultă eroarea introdusă de diodă în circuitul de reacţie de circa 10^{-4}, mult mai mică decît în alte tipuri de circuite de limitare. În regiunea de limitare, panta nu este mai mare de 10^{-3}.

Schema de principiu a blocului limitator este dată în figura 9.

Diodele utilizate pentru limitare sînt EAA 91, iar stabilizatoarele electronice sînt realizate cu duble triode (ECC 83, ECC 85).

Pentru soluţionarea problemei repartiţiei optime a sarcinilor între centrale, fiind necesară o precizie mai mică a pragului de limitare, pe de o parte, iar pe de altă parte fiind necesar un număr mare de limitatoare, corespunzător numărului de centrale, s-a adoptat soluţia folosirii limitatorului-şunt pe intrare, a cărui schemă principială este dată în figura 10.

Alegînd $Rf = 2$ MΩ, $R_1 = 1$MΩ şi $R_2 = 10$ kΩ şi presupunînd tensiunea şi curentul de grilă zero al amplificatorului operaţional, rezultă că panta variază de la 10^{-2}, în cazul limitării, la 1 cînd diodele nu lucrează în regim de limitare.

Bibliografie

[1] Leonida, D. şi Ionescu, V. *Studiu privind reglajul terţiar în sistemele energetice. I — Consideraţie asupra repartiţiei economice în sisteme unitare.* IRME, martie 1962.

[2] Kirchmayer, L. J. *Economic operation of power systems.* K.John Willey, 1958.

[3] Glinzburg, A. S., Gornstein, V. M. şi Sovalov, S.A. *Osnovnie prinţipi postroeniia vicislitelnoi maşini dlea operativnîh rascetov ekonomicinovo raspredeleniia nagruzok v ghedinennoi energosisteme.* În: Elekt. stanţii 32, nr. 5, mai 1961, p. 35—41.

[4] Markovici, I. M., Taft, V. A. şi Sovalov, S.A. *O zadaceah v oblasti primenennia vicislitelnoi tehniki pri ekspluataţii i proektirovanii energosistem.* În: Elektricestvo nr. 12, dec. 1960, p. 9—15.

[5] Fifer, S. *Analog compution. Theory techniques and apllications* (4 vol). New York, 1961.

[6] Korn, G. şi Korn, T. *Electronic analog computers.* New York, 1952.

Elemente necesare analizei avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalaţiile de medie tensiune

Ing. *LIDIA SĂNDULESCU*

Din analiza statistică a avariilor ce au avut loc în partea electrică a instalaţiilor energetice, efectuată pentru ultimii doi ani (1961 şi 1962), rezultă că, în medie, 50% din numărul total de avarii se datoresc supratensiunilor atmosferice. Numărul mare de avarii produse de supratensiunile atmosferice impune stabilirea corectă a cauzei care a dus la producerea fiecărei avarii, în vederea evidenţierii deficienţelor schemelor de protecţie şi a stabilirii măsurilor ce trebuie luate pentru înlăturarea lor.

Sistemul de analiză a avariilor produse de supratensiunile atmosferice, aplicat pînă în prezent în ţara noastră, nu poate răspunde satisfăcător la problemele ridicate de necesitatea îmbunătăţirii comportării instalaţiilor. De asemenea, se resimte lipsa unei experienţe de exploatare, acumulată astfel încît să poată furniza elementele statistice necesare atît pentru proiectarea şi raţionalizarea schemelor de protecţie, cît şi pentru cunoaşterea avariilor şi deranjamentelor tipice.

În lucrarea de faţă se prezintă unele particularităţi caracteristice avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalaţiile de medie tensiune, pentru a pune la îndemîna exploatării unele elemente necesare pentru analiza tehnică a avariilor şi pentru urmărirea statistică a comportării instalaţiilor la supratensiuni atmosferice. În acest scop se prezintă drept indice caracteristic numărul probabil de declanşări al liniilor, indicîndu-se modul de determinare a acestuia, pentru unele coronamente tipice liniilor de medie tensiune. Cu această ocazie se stabilesc căile probabile de conturnare la impuls şi relaţiile de calcul pentru determinarea supratensiunilor atmosferice şi a curenţilor de trăsnet care ar putea produce aceste conturnări, pentru toate coronamentele analizate, în funcţie de prezenţa conductorului de protecţie şi modul de legare la pămînt al acestuia.

1. Determinarea numărului de declanşări datorită supratensiunilor atmosferice pe liniile electrice aeriene de medie tensiune

Avariile pe linii de medie tensiune se datoresc atît supratensiunilor induse cît şi celor cauzate de loviturile directe de trăsnet.

Supratensiunile induse se produc prin eliberarea sarcinilor electrice (acumulate în conductoare în stadiul de lider al descărcării), în momentul producerii descărcării principale, în obiecte situate la distanţe mai mari sau egale cu 4 h ($h \geqslant$ înălţimea liniei) faţă de linie [1].

Pe linie se propagă o undă de supratensiune ale cărei caracteristici depind de fenomenele fizice din canalul descărcării şi de construcţia liniei. Deoarece distanţele dintre conductoare sînt mici în raport cu distanţa dintre linie şi locul descărcării, se poate considera că valoarea supratensiunii este aceeaşi pe toate conductoarele.

Loviturile directe de trăsnet sînt însoţite, de asemenea, de propagarea unor unde de supratensiuni pe linia lovită. În acest caz însă, în afara fenomenelor fizice din canalul descărcării, asupra valorii supratensiunii la care este solicitată atît izolaţia între faze cît şi cea faţă de pămînt joacă un rol hotărîtor poziţia în spaţiu a conductoarelor şi caracteristicile constructive ale liniei. Ca urmare, pe linii pot avea loc conturnări pe una sau mai multe faze, sau între faze.

1.1. *Determinarea numărului probabil de declanşări ale liniilor datorită supratensiunilor induse*

Pentru o justă apreciere a comportării instalaţiilor electroenergetice la supratensiuni atmosferice, este necesar ca efectul supratensiunilor induse să nu fie neglijat.

D.V. Razevig [2] a construit, pe baza datelor experimentale şi a calculelor, curba probabilităţii apariţiei supratensiunilor induse de o anumită valoare în liniile electrice aeriene.

Curba respectivă este reprezentată în figura 1; ea a fost construită pentru liniile cu o înălţime medie de 10 m. S-a considerat pentru aceasta că pentru orice punct din apropierea liniei există probabilităţii egale de lovire, zona în care cad loviturile de trăsnet este determinată de lungimea liniei şi distanţa de la 4 h pînă la infinit, de o parte şi de alta a liniei. În aceste condiţii, valoarea maximă măsurată a supratensiunii induse în linie este, conform rezultatelor obţinute de D. V. Razevig, de 700 kV, frecvenţa de apariţie a acestei valori este foarte mică, majoritatea supratensiunilor induse fiind mult mai reduse. Dat fiind valorile supratensiunilor probabile, se poate considera că ele sînt periculoase pentru liniile de 6—35 kV construite pe stîlpi metalici şi din beton armat, a căror izolaţie faţă de pămînt este redusă.

Prezenţa conductorului de protecţie determină reducerea valorilor supratensiunilor induse; aceasta este determinată de faptul că conductorul de protecţie îmbrăţişează o parte din liniile de forţă ale canalului liderului şi slăbeşte intensitatea longitudinală a cîmpului. Spre locul defect se va scurge în acest caz o cantitate mai mică de energie.

Notînd:

U^{*}_{ind} — tensiunea indusă în prezenţa conductorului de protecţie;
k — coeficientul de cuplaj între conductorul activ şi cel de protecţie;
U_{ind} — tensiunea indusă în absenţa conductorului de protecţie;

atunci:

$$U^{*}_{ind} = (1 - k)\, U_{ind}. \tag{1}$$

Pentru determinarea numărului probabil de declanşări ale liniilor datorită supratensiunilor induse se procedează după cum urmează:

— Se stabileşte valoarea tensiunii de conturnare a izolaţiei $U_{50\%\, iz}$, faţă de pămînt, pe baza caracteristicilor izolaţiei.

— Pe baza condiţiei $U^{*}_{ind} = U_{50\%\, iz}$ se determină valoarea lui U_{ind}, potrivit relaţiei (1).

— Se stabileşte numărul de cazuri η cînd U_{ind} poate fi depăşită, pentru 100 km linie şi an, pe baza figurii 1.

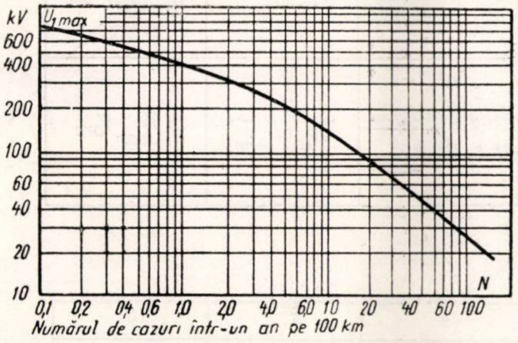


Fig. 1. Probabilitatea apariţiei supratensiunilor induse de o anumită valoare.

— Se stabileşte probabilitatea trecerii arcului de impuls în arc de frecvenţă industrială ψ_{arc}, potrivit relaţiei (4). Numărul probabil de declanşări poate fi astfel determinat de relaţia:

$$n = \eta \psi_{arc} \left[\frac{\text{decl.}}{100 \text{ km. an}} \right]. \tag{2}$$

1.2. *Numărul probabil de declanşări datorite loviturilor directe în linii*

Conturnările de impuls ce însoţesc loviturile directe variază în funcţie de coronament, tipul stîlpului, iar pentru acelaşi tip de coronament şi stîlp — în funcţie de condiţiile locale pe stîlp (starea izolaţiei, a lemnului etc.).

În lucrarea de faţă se va expune principial metoda de calcul indicată de M. V. Kostenko, folosită în instrucţiunea 97/57. Metoda se bazează pe propagarea undelor de impuls în scheme echivalente cu parametri concentraţi, făcîndu-se următoarele aproximaţii:

— se neglijează reflexiile undelor de către stîlpii vecini care mărginesc deschiderea sau stîlpul în care s-a presupus lovitura directă;

— se neglijează înălţimea stîlpului lovit de trăsnet.

Pentru stabilirea numărului probabil de declanşări este necesar să se cunoască următoarele elemente:

— Numărul probabil de lovituri în linie pentru 100 km şi an; dat fiind lipsa unor date definitive s-a adoptat în lucrarea de faţă, conform [5], relaţia:

$$N = 1{,}5\, h_{med} \left| \frac{\text{lovit.}}{100 \text{ km. an}} \right|. \tag{3}$$

— Probabilitatea transformării arcului de impuls în arc de frecvenţă industrială ψ_{arc}.

Probabilitatea trecerii arcului de impuls în arc de frecvenţă industrială se poate determina în funcţie de gradientul mediu al tensiunii de regim, E_{med}, printr-o relaţie dedusă experimental:

$$\psi_{arc\%} = 1{,}6\, E_{med} - 6. \tag{4}$$

Arcul de frecvenţă industrială poate să se stingă la o punere la pămînt pe o fază, dacă reţeaua este compensată la rezonanţă.

— Distribuţia loviturilor în linie. Distribuţia loviturilor între stîlp şi deschidere este determinată de raportul între înălţimea stîlpului şi deschidere, potrivit curbei de variaţie reprezentată în figura 2.

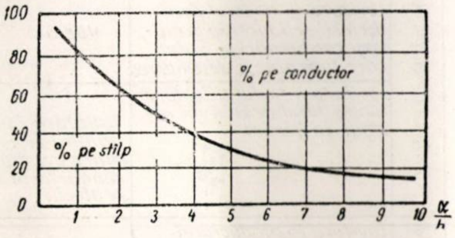


Fig. 2. Distribuţia loviturilor în linie.

— Probabilitatea de lovire a conductorului activ prin ecranajul conductorului de protecţie variază în raport cu unghiul de protecţie realizat (α), potrivit figurii 3.

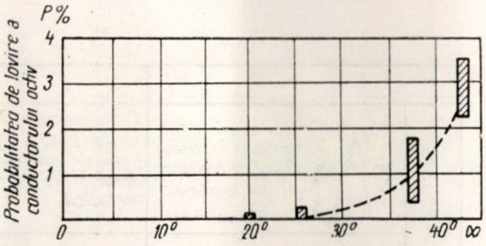


Fig. 3. Probabilitatea de lovire a conductorului activ prin ecranajul conductorului de protecţie.

— Probabilitatea de apariţie a unui anumit curent de trăsnet ψ_{I_0}, care să depăşească valoarea nivelului de protecţie. Nivelul de protecţie este cea mai mică valoare a curentului de trăsnet în kA care poate produce conturnarea izolaţiei; ca urmare toate loviturile de trăsnet care vor depăşi ca intensitate valoarea nivelului de protecţie vor conduce la conturnarea izolaţiei. Pe baza măsurătorilor în sistem s-a construit în diferite ţări curba acestei probabilităţi de apariţie [3], [4], [5].

În lucrarea de faţă probabilitatea de apariţie a unui anumit curent de trăsnet s-a determinat potrivit relaţiei [4]:

$$\lg \psi_{I_0\%} = 2 \frac{I_0}{60}. \tag{5}$$

Pentru determinarea valorii nivelului de protecţie s-au stabilit de către autor relaţiile de calcul (figurile 4, 5, 6 şi 7) pentru tipurile de stîlpi (coronamente) întîlnite mai des în reţelele de medie tensiune din R.P.R.

Relațiile țin seamă de coronamentul stîlpului, de prezența conductorului de protecție și de felul cum acesta este legat la pămînt, de caracteristicile izolatoarelor; ele permit analiza corectă a eficacității diferitelor căi de îmbunătățire a protecției.

Cunoscînd elementele menționate, numărul probabil de declanșări se determină astfel:

a) pentru liniile protejate cu conductor de protecție:

$$n = N\psi_{arc}\,(\eta_{st}\psi_{I_0\,st} + \eta_{cp}\psi_{I_0\,cp} + \psi_{\alpha}\psi_{I_0\,ca})\left[\frac{\text{decl.}}{100\ \text{km. an}}\right],$$

în care:

$N\eta_{st}\psi_{I_0\,st}\,\psi_{arc}$ reprezintă numărul de declanșări datorită loviturilor directe în stîlp;

$N\eta_{cp}\psi_{I_0\,cp}\psi_{arc}$ — numărul de declanșări datorită lovirii conductorului de protecție în deschidere;

$N\psi_{I_0\,ca}\psi_{\alpha}\psi_{arc}$ — numărul de declanșări datorită lovirii conductorului activ prin ecranajul de protecție;

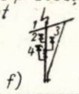
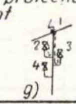
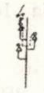
	Lovitura probabilă (ipoteza de calcul)	Conturnarea probabilă	Supratens necesară pentru producerea conturn probabile U_{max} ≥ kV	Curentul de trăznet pt ipoteza de calcul adoptată I_0 kA	Gradientul mediu de potențial deo lungul căii de conturnare E_{med} kV/m	Numărul specific de declanșări probabile decl/100 km și an
1		2	3	4	5	6
Stîlp cu conductor de protecție	Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție legat la pămînt  f)	Izolatorii 3 și 4 și izolația corespunzătoare pe lemn de la 4 la conductorul de coborîre la pămînt	$\frac{U_{50}\%_{iz}+U_{50}\%_{l}}{1-k_{3,41}}$	$I_{0st}=\frac{U_{50}\%_{iz}\cdot U_{50}\%_{l}}{(1-k_{3,41})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_4}{2}\parallel R_i}$	$\frac{U}{\sqrt{3}(Z_{iz}+l_{lemn})}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{0st}}\psi_{arc}$
	Lovitura în mijlocul deschiderii cu producerea acelorași conturnări pe stîlpii care mărginesc deschiderea	Idem	Idem	$I_{0cp}=2I_{0st}$	Idem	$\eta_{cp}N\psi_{I_{0st}}\psi_{arc}$
	Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție nelegat la pămînt  g)	Izolatorii 2 și 3 și izolația pe lemn dintre aceștia și conductorul de protecție	$\frac{U_{50}\%_{iz}+U_{50}\%_{l}}{1-k_{3,21}}$	$I_{0st}=\frac{U_{50}\%_{iz}+U_{50}\%_{l}}{(1-k_{3,21})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_2}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}+l_{lemn}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{0st}}\psi_{arc}$
Stîlp fără cond de protecție	Lovitura în conductorul activ 	Izolatorii 2 și 3 Izolația corespunzătoare pe lemn	$\frac{2U_{50}\%_{iz}+U_{50}\%_{l}}{1-k_{3,2}}$	$I_{0st}=\frac{2U_{50}\%_{iz}+U_{50}\%_{l}}{(1-k_{3,2})Z_0\parallel\frac{Z_2}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}+l_{lemn}}$	$N\psi_{I_{0ca}}\psi_{arc}$

Fig. 4.

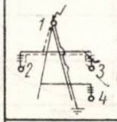
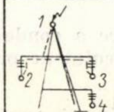
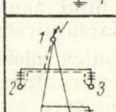
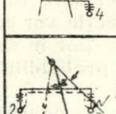
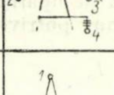
1		2	3	4	5	6
Cu conductor de protecție	 Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție (Legat la pămînt)	Conturnarea izolatorilor 2 și 3 și a porțiunii de lemn dintre vîrfar și traversa metalică	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{2,13}}$	$I_{0st}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{2,3})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_2}{2}R_3}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{0st}}\psi_{arc}$
	 Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție (Traversa legată la pămînt)	Conturnarea izolației conductorilor 2 și 3	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{2,13}}$	$I_{0st}=\frac{U_{50}\%}{(1-k_{2,13})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_2}{2}R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}l_{iz}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{0st}}\psi_{arc}$
	 Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție ne legat la pămînt	Conturnarea izolației conductorilor 2 și 3 și a porțiunii de lemn dintre vîrfar și traversă	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{2,13}}$	$I_{0st}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{2,13})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_2}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{0st}}\psi_{arc}$
	 Lovitura în conductorul activ prin ecranaj	Conturnarea izolatorilor 2 și 3	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,2}}$	$I_{co}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{3,2})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N\psi_{I_{0ca}}\psi_{arc}\psi_{\alpha}$
Fără CP	 Lovitura în conductorul activ	Conturnarea izolatorilor 2 și 3	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,2}}$	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N\psi_{I_{0ca}}\psi_{ar}$

Fig. 5.

b) pentru liniile neprotejate cu conductor de protecţie:

$$n = N\psi_{arc}\psi_{I_0}\left[\frac{\text{decl.}}{100\ \text{km. an}}\right].$$

Relaţiile de calcul stabilite au fost utilizate la analiza unor avarii caracteristice [5] şi la analiza comportării unor instalaţii din regionale contra supratensiunilor atmosferice [6].

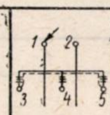
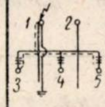
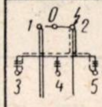
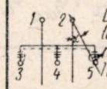
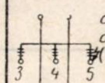
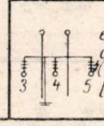
	1	2	3	4	5	6
Stîlpi cu conductor de protecţie	 a) Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecţie ne legat la pămînt (Traversa izolată)	Izolatorii 3 şi 5 şi porţiunea de lemn dintre vîrfar şi traversă	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{3,51}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{3,51})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_5}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{ost}}\psi_{arc}$
	 b) Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecţie legat la pămînt	Idem	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{3,51}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{3,50})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_5}{2}\parallel R_3}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{ost}}\psi_{arc}$
	 c) Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecţie ambii CP şi traversa metalică legaţi la pămînt	Idem	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{3,50}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{3,50})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel\frac{Z_5}{2}\parallel R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\,l_{iz_3}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{ost}}\psi_{arc}$
	Lovitura în mijlocul deschiderii în CP cu producerea aceloraşi conturnări pe stîlpii care mărginesc deschiderea	Idem	Idem	$I_{ocp}=2I_{ost}$	Idem	$\eta_{cp}N\psi_{I_{ocp}}\psi_{arc}$
	 Lovitura în conductorul activ prin ecranajul conductorului de protecţie	Conturnarea izolatorilor 3 şi 5	$\frac{2U_{50\%iz}}{1-k_{3,5}}$	$I_{oca}=\frac{2U_{50\%}}{(1-k_{3,5})Z_0\parallel\frac{Z_5}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N\psi_{I_{oca}}\psi_{arc}\psi_2$
Stîlpi fără C.P	 d) Lovitura în conductorul activ (Traversa izolată)	Conturnarea izolaţiei conductorilor 3 şi 5	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{3,5}}$	$I_{oca}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{3,5})Z_0\parallel\frac{Z_5}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N\psi_{I_{oca}}\psi_{arc}$
	 e) Lovitura în conductorul activ (Traversa legată la pămînt)	Idem	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{3,5}}$	$I_{oca}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{3,5})Z_0\parallel\frac{Z_5}{2}\parallel R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\,l_{iz}}$	$N\psi_{I_{oca}}\psi_{arc}$

Fig. 6.

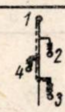
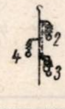
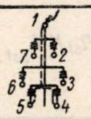
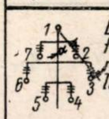
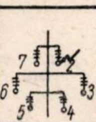
Tip S	Lovitura probabilă (ipoteza de calcul)	Conturnarea probabilă care poate duce la decl. liniei	Supratens. necesară pt. producerea conturnării probabile U_{max} kV	Curentul de trăznet (nivel de protecţie) pt. ipoteza de calcul adopt. I_0 kA	Gradientul mediu de potenţial de-a lungul căii de conturnare E_{med} kV/m	Numărul probabil de decl. specifice n decl./100 km şi an
1	2	3	4	5	6	7
Cu C.P	 i) Lovitura în vîrful stîlpului în C.P	Izolatorii 3 şi 4	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{4,13}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{4,3})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\,l_{iz_3}}$	$\eta_{st}N\psi_{I_{ost}}\psi_{arc}$
	j) Lovitura în mijlocul deschiderii cu producerea aceloraşi conturnări pe stîlp	Izolatorii 3 şi 4	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{4,13}}$	$I_{ocp}=2I_{ost}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\,l_{iz3}}$	$\eta_{cp}N\psi_{I_{ocp}}\psi_{arc}$
Fără C.P.	 Lovitura în conductorul activ	Izolatorii 2 şi 3	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{3,2}}$	$I_{oco}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{3,2})Z_0\parallel\frac{Z_1}{2}\parallel R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\,l_{iz_3}}$	$N\psi_{I_{oco}}\psi_{arc}$
Cu C.P	 Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecţie	Izolatorii 4 şi 5	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{4,15}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{4,15})Z_0\parallel}$	Idem	$\eta_{st}N\psi_{I_{ost}}\psi_{arc}$
	 Lovitura în conductorul activ prin ecranajul conductorului de protecţie $\alpha < 30°$	Izolatorii 3 şi 5	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{5,3}}$	$I_{oco}=\frac{U_{50\%}}{(1-k_{5,3})Z_0\parallel\frac{Z_3}{2}\parallel R_3}$	Idem	$N\psi_{I_{oco}}\psi_{arc}\psi_{\alpha}$
Fără C.P	 Lovitura în conductorul activ	Izolatorii 2 şi 5	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{5,2}}$	$I_{oco}=\frac{U_{50\%}}{(1-k_{5,2})Z_0\parallel\frac{Z_2}{2}\parallel R_3}$	Idem	$N\psi_{I_{oco}}\psi_{arc}$

Fig. 7.

Pe baza calculelor efectuate s-au stabilit următoarele:

— pentru liniile de 35 kV aparținînd IRE Dobrogea, numărul probabil de declanșări pe an este 11, din care 8,717 decl./an datorită loviturilor directe în linii și 2,28 decl./an datorită supratensiunilor induse. Din statistica de avarii se constată că în anii 1960 și 1961 aceste linii au declanșat în medie de 20 ori/an cu o eficacitate a RAR de 82,5%;

— pentru liniile de 25 kV aparținînd IRE Ploiești, s-a determinat un număr de 22 decl./an, din care 8,9 decl./an datorită supratensiunilor induse, iar 13,35 decl./an datorită lo-

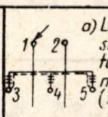
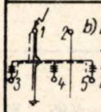
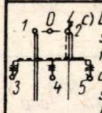
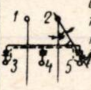
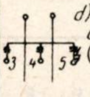
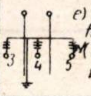
	1	2	3	4	5	6
Stîlpi cu conductor de protecție	 a) Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție ne legat la pămînt (Traversa izolată)	Izolatorii 3 și 5 și porțiunea de lemn dintre vîrfor și traversă	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,51}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{3,51})Z_0 \parallel \frac{Z_1}{2} \parallel \frac{Z_5}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	 b) Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție legat la pămînt	Idem	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,51}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{3,50})Z_0 \parallel \frac{Z_1}{2} \parallel \frac{Z_5}{2} \parallel R_3}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	 c) Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție ambii CP și traversa metalică legați la pămînt	Idem	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,50}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{3,50})Z_0 \parallel \frac{Z_1}{2} \parallel \frac{Z_5}{2} \parallel R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\, l_{iz_3}}$	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	Lovitura în mijlocul deschiderii în CP. cu producerea acelorași conturnări pe stîlpii care mărginesc deschiderea	Idem	Idem	$I_{ocp}=2I_{ost}$	Idem	$\eta_{cp} N \psi_{I_{ocp}} \psi_{arc}$
	 Lovitura în conductorul activ prin ecranajul conductorului de protecție	Conturnarea izolatorilor 3 și 5	$\frac{2U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,5}}$	$I_{oca}=\frac{2U_{50}\%}{(1-k_{3,5})Z_0 \parallel \frac{Z_5}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N \psi_{I_{oca}} \psi_{arc} \psi_2$
Stîlpi fără C.P	 d) Lovitura în conductorul activ (Traversa izolată)	Conturnarea izolației conductorilor 3 și 5	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,5}}$	$I_{oca}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{3,5})Z_0 \parallel \frac{Z_5}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N \psi_{I_{oca}} \psi_{arc}$
	 e) Lovitura în conductorul activ (Traversa legată la pămînt)	Idem	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,5}}$	$I_{oca}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{3,5})Z_0 \parallel \frac{Z_5}{2} \parallel R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\, l_{iz}}$	$N \psi_{I_{nca}} \psi_{arc}$

Fig. 8.

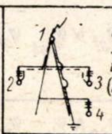
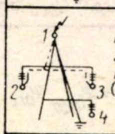
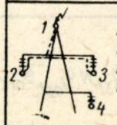
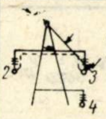
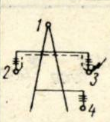
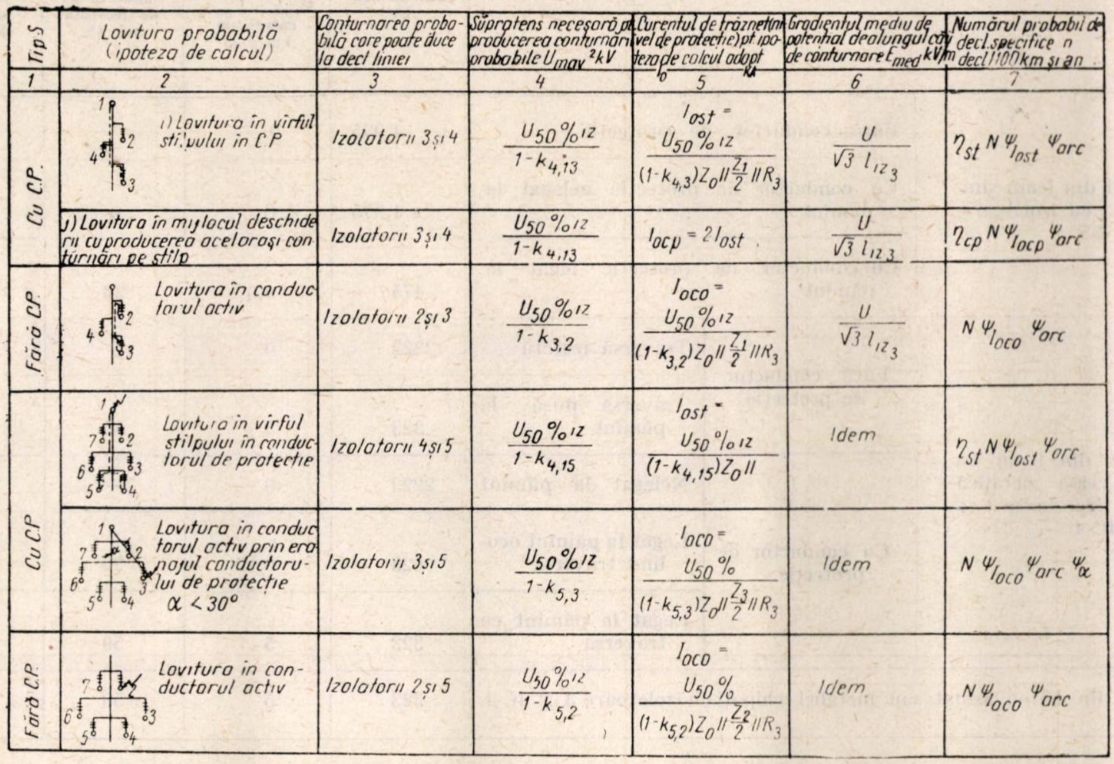
	1	2	3	4	5	6
Cu conductor de protecție	 Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție (legat la pămînt)	Conturnarea izolatorilor 2 și 3 și a porțiunii de lemn dintre vîrfor și traversa metalică	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-K_{2,13}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{2,3})Z_0 \parallel \frac{Z_1}{2} \parallel \frac{Z_2}{2} R_3}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	 Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție (Traversa legată la pămînt)	Conturnarea izolației conductorilor 2 și 3	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{2,13}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50}\%}{(1-k_{2,13})Z_0 \parallel \frac{Z_1}{2} \parallel \frac{Z_2}{2} R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\, l_{iz}}$	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	 Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție ne legat la pămînt	Conturnarea izolației conductorilor 2 și 3 și a porțiunii de lemn dintre vîrfor și traversă	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{2,13}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{2,13})Z_0 \parallel \frac{Z_1}{2} \parallel \frac{Z_2}{2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	 Lovitura în conductorul activ prin ecranaj	Conturnarea izolatorilor 2 și 3	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,2}}$	$I_{co}=\frac{U_{50}\%_{iz}}{(1-k_{3,2})Z_0 \parallel \frac{Z_1}{Z_2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N \psi_{I_{oco}} \psi_{arc} \psi_{\alpha}$
Fără CP	 Lovitura în conductorul activ	Conturnarea izolatorilor 2 și 3	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{2,3}}$	$\frac{U_{50}\%_{iz}}{1-k_{3,2}}$	$\frac{U}{2l_{iz}}$	$N \psi_{I_{oca}} \psi_{arc}$

Fig. 9.

viturilor directe. Din statistica de avarii produse de supratensiunile atmosferice se constată că aceste linii au declanșat în 1962 de 30 ori/an.

Rezultatele obținute prin aplicarea metodei de calcul menționate la unele linii existente în exploatare pot fi însă afectate de unele erori datorită următoarelor cauze :



Tip S	Lovitura probabilă (ipoteza de calcul)	Conturnarea probabilă care poate duce la decl liniei	Supratens necesară pt producerea conturnării probabile $U_{max\,z}$ kV	Curentul de trăznet (nivel de protecție) pt ipoteza de calcul adopt I_o kA	Gradientul mediu de potențial dealungul căii de conturnare E_{med} kV/m	Numărul probabil de decl. specifice n decl/100 km și an
1	2	3	4	5	6	7
Cu C.P.	i) Lovitura în vîrful stîlpului în C.P	Izolatorii 3 și 4	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{4,13}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{4,3})Z_0 \| \frac{Z_1}{2} \| R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\, l_{iz_3}}$	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	j) Lovitura în mijlocul deschiderii cu producerea acelorași conturnări pe stîlp	Izolatorii 3 și 4	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{4,13}}$	$I_{ocp}=2I_{ost}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\, l_{iz_3}}$	$\eta_{cp} N \psi_{I_{ocp}} \psi_{arc}$
Fără CP	Lovitura în conductorul activ	Izolatorii 2 și 3	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{3,2}}$	$I_{oco}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{3,2})Z_0 \| \frac{Z_1}{2} \| R_3}$	$\frac{U}{\sqrt{3}\, l_{iz_3}}$	$N \psi_{I_{oco}} \psi_{arc}$
Cu CP	Lovitura în vîrful stîlpului în conductorul de protecție	Izolatorii 4 și 5	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{4,15}}$	$I_{ost}=\frac{U_{50\%iz}}{(1-k_{4,15})Z_0 \|}$	Idem	$\eta_{st} N \psi_{I_{ost}} \psi_{arc}$
	Lovitura în conductorul activ prin ecranajul conductorului de protecție $\alpha < 30°$	Izolatorii 3 și 5	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{5,3}}$	$I_{oco}=\frac{U_{50\%}}{(1-k_{5,3})Z_0 \| \frac{Z_3}{2} \| R_3}$	Idem	$N \psi_{I_{oco}} \psi_{arc} \psi_{\alpha}$
Fără C.P.	Lovitura în conductorul activ	Izolatorii 2 și 5	$\frac{U_{50\%iz}}{1-k_{5,2}}$	$I_{oco}=\frac{U_{50\%}}{(1-k_{5,2})Z_0 \| \frac{Z_2}{2} \| R_3}$	Idem	$N \psi_{I_{oco}} \psi_{arc}$

Fig. 10.

— Elementele necesare stabilirii numărului probabil de declanșări (probabilitatea apariției unui anumit curent de trăsnet, numărul probabil de lovituri/100 km linie și an, probabilitatea trecerii arcului de impuls în arc de frecvență industrială, probabilitatea lovirii conductorului activ prin ecranajul conductorului de protecție) sînt mărimi statistice ale căror valori s-au adoptat din literatura tehnică de specialitate. Pînă în prezent în R.P.R. nu s-au făcut cercetări experimentale în vederea studierii parametrilor curenților de trăsnet ; de asemenea, în ceea ce privește keraunicitatea nu s-au obținut decît primele date [7], care sînt insuficiente, fapt ce necesită continuarea și intensificarea cercetărilor în această direcție. S-ar obține astfel valori de calcul mai exacte necesare la analiza protecției instalațiilor.

— În afară de aproximațiile introduse în metoda de calcul și de necunoașterea elementelor enumerate mai sus, la determinarea numărului probabil de declanșări și a căilor probabile pentru conturnarea de impuls, se fac de asemenea o serie de ipoteze simplificatoare, și anume :

a) Se presupune că valoarea tensiunii de 50% conturnări la impuls a izolatoarelor de pe stîlpul considerat nu s-a modificat în timpul exploatării față de valoarea indicată de norme pentru categoria de izolatoare considerată, iar porțiunile de izolație pe lemn se află în stare normală de impregnare, fără degradări.

Această aproximație se impune deoarece nu se cunoaște gradul de modificare a stării izolației liniilor în exploatare. Trebuie precizat faptul că în mod normal, datorită diferitelor cauze naturale (murdărire, contaminarea izolației etc.), constructive (incluziuni) sau funcționale (îmbătrînire, conturnări, străpungeri etc.), starea izolației se înrăutățește, fapt care conduce la scăderea considerabilă a tensiunii de 50% conturnări la impuls, deci la scăderea nivelului de protecție și creșterea numărului probabil de declanșări.

b) S-a presupus că valoarea rezistenței prizei de punere la pămînt este în medie de 10 ohmi. După cum se poate constata din relațiile de calcul stabilite pentru curentul de protecție, modificările valorii rezistenței prizei de pămînt în limite largi (pînă la zeci de ohmi) conduc la micșorări corespunzătoare ale nivelului de protecție și la creșterea numărului probabil de declanșări.

c) La determinarea numărului probabil de declanșări ale liniilor de 25 kV din IRE Ploiești, nu s-au putut lua în considerație toate variantele constructive de stîlpi și coronamente, deoarece acestea sînt foarte multe și alternează dezordonat de-a lungul liniei. Trebuie subliniat însă că determinarea numărului probabil de declanșări ale unei linii fără să se țină seamă de toate elementele ei constructive poate duce la introducerea unor erori sensibile în rezultatele obținute.

Din calculele făcute pentru liniile de 15—35 kV din IRE Dobrogea și Ploiești rezultă că liniile de medie tensiune au un număr probabil de declanșări mai ridicat față de liniile de 110 kV [8], lucru explicabil datorită nivelului de izolație și construcției diferite. Din compararea numărului probabil de declanșări (comparație la baza căreia se află o statistică incompletă, pentru o perioadă de timp scurtă), rezultă că ultimul este mai mare. Acest lucru este determinat, după părerea autorului, de nivelul de izolație redus, de întreținerea necorespunzătoare a liniei etc.

Numărul probabil de declanșări ale liniilor de medie tensiune poate constitui un indice de comparație atunci cînd se pun în discuție anumite soluții constructive de stîlpi și coronamente, pentru proiectarea unor linii noi, pentru hotărîrea oportunității montării conductorului de protecție și alegerea modului de legare la pămînt a acestuia, precum și stabilirea unui anumit nivel mediu pentru valoarea rezistenței prizelor de punere la pămînt etc. De asemenea, numărul probabil de declanșări este un indice de bază pentru analiza statistică a avariilor produse de supratensiunile atmosferice pe liniile electrice aeriene, comparîndu-se cu numărul real

Tabela 1

Numărul specific de declanșări probabile ale liniilor de medie tensiune datorită supratensiunilor induse

Tipul stîlpului			U_{50}% a izolației fază-pămînt kV	Probabilitatea de apariție a unei supratensiuni $U_{ind} > U_{50\,iz}$ cazuri/100 km linie	Probabilitatea trecerii arcului impuls în arc de frecvență ind. η%	Numărul specific de decl. probabile. decl./100 km/linie
Stîlpi din lemn simpli cu izolatoare D. 35	Fără conductor de protecție		1,975	0	—	0
	Cu conductor de protecție nelegat la pămînt		1,975	0	—	0
	Cu conductor de protecție legat la pămînt		475	0,6	23	0,138
Stîlpi din lemn cu traversă metalică și izolatoare 3 × × IC-4	Fără conductor de protecție	Traversă izolată	2223	0	—	0
		Traversă pusă la pămînt	323	5	59	0
	Cu conductor de protecție	Nelegat la pămînt	2223	0	—	0
		Legat la pămînt ocolind traversa	623	0,12	20	3,46
		Legat la pămînt cu traversa	323	5	59	3,46
Stîlpi din beton armat sau metalici echipați cu izolatoare 3 × IC-4			323	5	59	3,46

de declanșări pe fiecare linie și pentru un anumit sistem de linii legate galvanic.

Stabilirea căilor probabile de conturnare, precum și a valorii supratensiunii sau curentului de trăsnet care poate produce conturnarea respectivă, este un element esențial pentru analiza unei avarii produse de supratensiunile atmosferice. Și anume, cunoscîndu-se concret efectele unei avarii sau deranjament (conturnări de izolatoare pe linie, deteriorări de stîlpi, arderea prizelor de pămînt etc.), provocat în condiții atmosferice favorabile producerii supratensiunilor, precum și condițiile existente locale (starea izolației, valoarea rezistenței prizei de punere la pămînt, coronamentul stîlpului avariat), se poate stabili cu oarecare aproximație dacă avaria se datorește depășirii nete a nivelului de protecție normal, sau a fost favorizată de scăderea nivelului de izolație, înrăutățirea prizei de pămînt etc.

În acest fel se pot descoperi deficiențele în construcția sau întreținerea liniei și se pot lua măsuri concrete pentru remedierea lor. Pentru aceasta însă este absolut necesară o statistică de avarii, întocmită pe baza evidenței comportării principalelor elemente ale instalației. Elementele necesare analizei avariilor produse de supratensiunile atmosferice în linii sînt date în lucrarea [5], difuzată regionalelor.

2. Analiza avariilor produse de supratensiunile atmosferice în stațiile de transformare

În stadiul actual de protecție contra supratensiunilor atmosferice a instalațiilor electroenergetice din țara noastră, avariile produse de supratensiunile atmosferice în stațiile de transformare sînt cu mult mai reduse din punct de vedere numeric față de cele de pe linii. Nu trebuie omis însă faptul că deteriorarea utilajului într-o stație de transformare poate avea urmări mai grave decît oprirea unei linii.

Protecția stațiilor de transformare trebuie asigurată atît contra loviturilor directe cît și contra undelor de supratensiuni provenite din linii.

Dacă măsurile de protecție indicate în instrucțiunile [9] și prescripțiile [10] în vigoare pentru protecția stațiilor sînt corect aplicate, atunci stația se consideră protejată cu un coeficient de siguranță relativ ridicat.

Pentru verificarea solicitărilor izolației este necesar să se determine supratensiunile ce se stabilesc în diferite puncte ale stației (barele stației, bornele transformatoarelor etc.), prin calcul sau pe modele.

Metoda verificării schemei de protecție a stațiilor pe modele este aplicată pe scară largă în U.R.S.S., S.U.A., R.S.C. etc. și a stat la baza stabilirii tuturor raționalizărilor în aceste scheme.

În țara noastră nu s-a aplicat pînă acum nici o metodă de verificare a solicitărilor produse de supratensiunile atmosferice în stații. Deocamdată se pregătesc condițiile pentru verificarea prin calcul și experimentală a schemelor stațiilor; în acest scop este necesară organizarea unei informări centralizate asupra avariilor produse de supratensiunile atmosferice în stațiile de transformare, modului de funcționare a mijloacelor de protecție în diferite condiții și scheme de protecție, deteriorării utilajului din stațiile de transformare în urma avariilor produse de supratensiunile atmosferice etc.

Pentru a putea stabili deficiențele schemelor de protecție și eficacitatea lor în exploatare, este necesară întocmirea unei evidențe potrivit indicațiilor menționate în lucrarea [5].

Concluzii

1. Analiza avariilor și deranjamentelor produse de supratensiunile atmosferice trebuie să stabilească cauza reală care a provocat avaria sau deranjamentul: dacă deteriorarea de utilaj s-a produs ca urmare a apariției unei supra-

tensiuni care să ducă la depășirea netă a nivelului de protecție, sau a cauzelor constructive, sau datorită scăderii nivelului de izolație, sau neuniformității izolației pe linii (existența unor puncte cu un nivel de izolație redus) sau întreținerii necorespunzătoare etc.

2. Pentru analiza statistică a avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalațiile electroenergetice, este absolut necesar să se organizeze în exploatare un sistem de evidență tehnică a tuturor deranjamentelor și avariilor. Analizele de avarii sau deranjamente trebuie să conducă la stabilirea defecțiunilor caracteristice și ca urmare a unor măsuri concrete care să elimine orice posibilitate a repetării acestora atît pe liniile respective cît și pe altele de același fel.

3. Numărul probabil de declanșări poate fi considerat un indice statistic de bază, pentru analiza comportării în exploatare a liniilor electrice aeriene. Prin compararea numărului probabil de declanșări cu numărul real de declanșări, se poate urmări an de an eficacitatea măsurilor adoptate în vederea ridicării siguranței în exploatare și se pot evidenția deficiențele cu caracter general ale instalațiilor.

4. Din analiza efectuată în lucrarea de față, folosind numărul probabil de declanșări drept indice caracteristic și stabilirea nivelului de protecție pentru căile de conturnare probabile pe unele coronamente specifice liniilor de medie tensiune, rezultă că următoarele măsuri pot duce la micșorarea numărului probabil de avarii și deranjamente:

a) întreținerea corectă a izolației liniilor;

b) cunoașterea și îmbunătățirea continuă a valorii rezistenței prizelor de punere la pămînt în limite tehnico-economice corespunzătoare;

c) executarea compensării la rezonanță a curenților capacitivi de punere la pămînt;

d) executarea unei legături corecte la pămînt a conductorului de protecție pe traseul liniilor (în afara intrărilor în stații), în condiții economice corespunzătoare;

e) uniformizarea izolației pe linii pentru înlăturarea tuturor punctelor cu izolație redusă și aducerea liniei la nivelul corespunzător tensiunii ei nominale;

f) reglarea corectă a dispozitivelor RAR de pe linii pentru reducerea la minim a refuzurilor de acționare.

5. Este necesar să se pregătească condițiile și să se înceapă verificarea experimentală și prin calcul a schemelor de protecție contra supratensiunilor din stațiile de transformare.

Bibliografie

[1] Dolghinov, L. S. *Perenapriajenia v electriceskih sistemah.* Gosenergoizdat, Moskva, 1962.

[2] Razevig, D. V. *Atmosfernie perenapriajenie na limah electroperedaci.* G.E.I. 1960.

[3] Popa, B. și Adămuț, I. *Analiza comportării liniilor de înaltă tensiune la supratensiuni atmosferice* (Studii și cercetări în energetică nr. 4, anul XI, 1961).

[4] Kostenko, M. V. *Atmosfernie perenapriajenia v electriceskih sistemah.* G.E.I., Moskva, 1949.

[5] * * * *Analiza avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalațiile electroenergetice.* Lucrare efectuată în cadrul IRME în 1962 și difuzată IRE.

[6] Mihai, I. și Săndulescu, L. *Analiza din punct de vedere al protecției contra supratensiunilor a instalațiilor de la IRE Dobrogea,* IREH *Deva,* IREP *Cîmpina.* Lucrare elaborată în cadrul IRME, 1962.

[7] Crisc ior, C. și Cîrstea, N. *Metode de determinare a parametrilor care caracterizează keraunicitatea unei regiuni. Hărțile keraunice ale R.P.R. pentru anul* 1962. (Studiu IRME, 1962).

[8] Gleb Drăgan, Popa, B. și Adămuț, I. *Cercetări experimentale privind determinarea tensiunii de conturnare a lanțurilor de izolatoare* IC-4. (Studii și cercetări în energetică nr. 2, anul XI, 1961).

[9] * * * *Instrucțiunea 97/57 pentru protecția contra supratensiunilor a instalațiilor electrice cu tensiunea peste* 1000 V. MMEE-DEE, 1957.

Incercări în sistem pentru determinarea comportării întreruptorului IUP-110 la declanșarea liniilor în gol și la ruperea curenților de scurtcircuit*

Ing. *A. IONESCU*, ing. *B. POPA* și ing. *M. TENDLER*

1. Considerații generale

Intreruptorul IUP-110 a fost asimilat de uzinele „Electroputere" — Craiova în 1957. Încercările de tip ale întreruptorului au fost executate în laboaratoarele UEPC, precum și în laboaratoarele de mare putere din U.R.S.S. și R.S.C.

Încă în cursul anului 1957, UEPC a început fabricația de serie a acestui întreruptor, livrînd pînă în momentul de față sistemului energetic circa 150 complete de întreruptoare.

Experiența exploatării a arătat că întreruptorul dispune de o serie de deficiențe care au provocat în frecvente cazuri avarii grave, precum și deranjamente neconsemnate în foi de avarie care au dus la dificultăți în exploatare (modificări nedorite în schema de funcționare, greutăți în alimentarea consumatorilor importanți etc.).

1.1. *Analiza avariilor cauzate de întreruptorul IUP-110*

Ca urmare a activității IRME în ultimii doi ani pe linia comportării utilajului electroenergetic în sistem și a analizei avariilor, s-a concretizat în 1962 ca problemă specială analiza deficiențelor în exploatare ale întreruptorului IUP-110. În urma acestei activități s-au putut stabili deficiențe în sistemul cinematic (acționări nesimultane, reglaj nesatisfăcător al dispozitivelor de acționare etc.), în sistemul pneumatic și în special în ansamblul camerei de stingere (deteriorări complete sau parțiale ale camerei la ruperea unor scurtcircuite de putere mult inferioară puterii de rupere garantate, materiale necorespunzătoare etc.).

1.2. *Justificarea necesității încercărilor în sistem*

Încercările în sistem cu IUP-110 au fost necesare în vederea studierii detaliate a întreruptorului, în scopul îmbunătățirii acestuia, precum și pentru a cunoaște precis comportarea lui în anumite regimuri [1], [2], declanșarea liniilor în gol, ruperea repetată a unor scurtcircuite pînă la 500 MVA.

Pe baza rezultatelor obținute în încercările menționate exista, de asemenea, posibilitatea de a stabili nivelul supratensiunilor de comutație, în vederea coordonării izolației, precum şi periodicitatea reviziilor instrucţiunile uzinei constructoare fiind în această privinţă cu totul neclare.

---

* Încercările experimentale au fost efectuate de către IRME (colectiv: A. Ionescu, B. Popa, M. Tendler), împreună cu UEPC (colectiv: B. Mathe, N. Cristea, N. Pănoiu, I. Ogrezeanu) și IRE Galați în colaborare cu Institutul de energetică (colectiv: G. Drăgan, I. Adămuț, M. Petcu) și ICET (G. Marinescu).

Încercările în sistem, primele de acest gen, au fost organizate de IRME, în colaborare cu UEPC, UPDE, IE şi ICET.

Pe baza convenţiei de colaborare încheiate între IRME şi UEPC s-au stabilit, pentru anul 1962, următoarele categorii de încercări :

— anclanşarea şi declanşarea liniilor în gol ;

— declanşarea circuitelor simetrice şi nesimetrice cu puteri pînă la 500 MVA (declanşări normale şi prin RAR).

Considerăm important de subliniat faptul că efectuarea încercărilor permitea stabilirea unei metodologii generale de experimentare, care putea fi utilizată la încercările ulterioare din sistem.

2. Stabilirea locului de încercare, a schemei primare şi a tipurilor de încercări

2.1. *Alegerea locului de încercare*

La alegerea locului pentru efectuarea încercărilor în sistem au stat la bază următoarele considerente :

— asigurarea unei elasticităţi maxime a schemei primare, pentru a putea efectua toate variantele posibile de încercări ;

— menţinerea siguranţei în funcţionarea sistemului în timpul încercărilor ;

— necesitatea unui minim de lucrări de montaj.

În acest scop, staţia care trebuia aleasă urma să îndeplinească următoarele condiţii ;

— să fie echipată cu întreruptoare IUP-110 ;

— să dispună de un sistem dublu de bare ;

— linia pe care urma să se facă încercările să aibă dublu circuit pentru facilitarea sincronizării măsurătorilor ;

— lungimea liniei trebuia să fie de circa 70—100 km ;

— să existe posibilitatea opririi liniei (a ambelor circuite) pentru pregătirile necesare efectuării încercărilor, fără ca aceasta să afecteze sistemul energetic ;

— puterea de scurtcircuit la barele staţiei să fie de 500—600 MVA.

În consecinţă, în colaborare cu UPDE, au fost analizate cîteva variante de staţii, fixîndu-se, în ultimă instanţă, ca loc de încercare staţia Focşani-IRE Galaţi, care corespundea în general tuturor cerinţelor impuse.

Merită să subliniem că la această staţie au avut loc în ultimul timp trei avarii cu IUP-110, din care două s-au soldat cu explozii ale camerei de stingere.

Staţia 110-Focşani dispune de două sisteme de bare, legătura între ele fiind realizată prin cuplă transversală. Staţia este legată pe partea de 110 kV prin dublu circuit cu CTE Borzeşti (lungimea fiecărui circuit 70 km), prin simplu circuit cu staţia Galaţi şi dublu circuit cu staţia Buzău, fiind echipată cu întreruptoare IUP-110.

2.2. *Alegerea schemei primare*

La alegerea schemei primare pentru încercările de declanşare a liniilor în gol, precum şi pentru cele de scurtcircuit, s-a plecat de la ideea asigurării unui minim de perturbări în funcţionarea sistemului, precum şi a unui randament maxim în realizarea încercărilor [1], [2].

În acest scop au fost studiate mai multe variante de scheme primare, alegîndu-se, în ultimă instanţă, schema a cărei descriere se dă în cele ce urmează.

Pentru realizarea încercărilor menţionate a fost folosită linia de 110 kV cu dublu circuit Focşani-Borzeşti, cu o lungime de circa 70 km (prin inseriere se obţinea o lungime de 140 km), care urma să fie conectată la sistemul I de bare Focşani şi Borzeşti. La sistemul II de bare Focşani rămîneau legate transformatoarele staţiei şi liniei Galaţi şi Buzău, iar sistemul II de bare Borzeşti rămînea legat cu sistemul energetic prin linia Roman — Borzeşti (fig. 1).

Alimentarea sistemului I de bare la Focşani se făcea prin întreruptorul cuplei transversale I_9, fiind considerat în acelaşi timp întreruptorul de rezervă.

Schema aleasă permitea declanşarea în gol a fiecărui circuit al liniei Focşani — Borzeşti (I_1 sau I_2) sau a ambelor circuite inseriate. În felul acesta era asigurată sincronizarea oscilografelor la ambele capete ale liniei Focşani, fapt care permitea concentrarea tuturor aparatelor şi întregului personal numai la Focşani. Schema putea fi folosită şi pentru încercările de scurtcircuit. Exista posibilitatea obţinerii unor puteri de scurtcircuit de 100—500 MVA, prin aportul sistemului Moldova sau Muntenia separat sau prin aportul întregului sistem energetic.

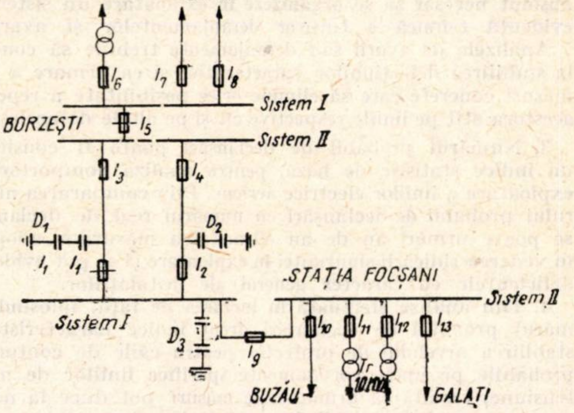


Fig. 1. Schema primară folosită la încercări.

În felul acesta se puteau realiza următoarele variante de scurtcircuit :

— scurtcircuit la staţia Borzeşti (între I_3 şi separatorul de linie al celulei Borzeşti-Focşani)monofazic şi trifazic ;

— scurtcircuit la staţia Focşani (între I_1 şi separatorul de linie monofazic şi trifazic).

Cu toate avantajele variantei alese, aceasta prezenta cîteva deficienţe, cea mai importantă fiind ruperea unei artere importante a sistemului energetic în punctul Focşani, care a putut fi însă acceptată de UPDE pe perioada golului de noapte şi de duminică, prin redistribuţia raţională a circulaţiei de putere în sistem.

Pentru realizarea schemei descrise, precum şi pentru asigurarea condiţiilor normale de desfăşurare a încercărilor, au fost executate o serie de lucrări preliminare, şi anume :

— revizia celulelor întreruptoarelor afectate de încercări la Focşani şi Borzeşti, precum şi a întreruptoarelor considerate rezerva a II-a din Ploieşti, Buzău şi Galaţi * ;

— montarea întreruptorului IUP—110, supus încercărilor, livrat de UEPC, în locul întreruptorului existent (I_1), precum şi a divizoarelor de tensiune (capacitive, rezistive,) a aparatelor de măsură etc. ;

— stabilirea unui program detaliat de încercări atît pentru declanşarea liniilor în gol cît şi pentru declanşările de scurtcircuit, în care s-a ţinut seamă de normele existente, precum şi de recomandările CEI.

3. Schemele de măsură şi comandă a înregistrărilor

3.1. *Schemele de măsură*

La stabilirea punctelor şi schemei de măsură s-a plecat de la necesitatea înregistrării tuturor mărimilor care caracterizează fenomenul de deconectare a liniilor în gol [3], [4], [9], mărimile importante fiind înregistrate simultan pe mai multe oscilografe.

Schema de înregistrare s-a stabilit în acelaşi timp prin luarea în considerare a utilajului de măsură existent.

În efectuarea măsurătorilor s-a urmărit, pe lîngă măsurarea supratensiunilor, şi verificarea funcţionării diferitelor tipuri de divizoare de tensiune : divizoare capacitive cuplate cu oscilografe cu bucle, divizoare capacitive cuplate cu oscilografe catodice, divizoare ohmice cuplate cu oscilografe cu bucle sau catodice. S-a urmărit, de asemenea, posibilitatea măsurării supratensiunilor prin transformatoare de tensiune cuplate cu oscilografe cu bucle şi a şocurilor de curent prin transformatoare de curent. În acest scop s-a realizat schema complexă, care a cuprins elementele menţionate.

---

* Valorile reglajului protecţiei au rămas aceleaşi, exceptînd reglajul cuplei I_9, la care timpul protecţiei a fost reglat funcţie de timpul de declanşare a întreruptorului încercat.

Pentru evitarea influenţelor electrostatice şi electromagnetice asupra circuitelor de măsură, s-au folosit cabluri de legătură ecranate între divizoare, transformatoare şi oscilografe.

Pentru a evita distorsiunile introduse, de obicei, de amplificatoarele oscilografelor catodice, elementele măsurate au fost conectate direct pe plăcile de deflecţie ; în acest scop s-a ales un raport corespunzător al divizoarelor de tensiune sau s-a utilizat un divizor de tensiune suplimentar (potenţiometric de 1 MΩ), conectat direct la plăci.

În realizarea schemei, o atenţie deosebită a fost acordată înregistrării simultane a tensiunilor din amonte şi aval de întreruptor, precum şi a tensiunii dintre contactele întreruptorului ; acest lucru s-a realizat prin folosirea schemelor în H, reprezentate în figura 2.

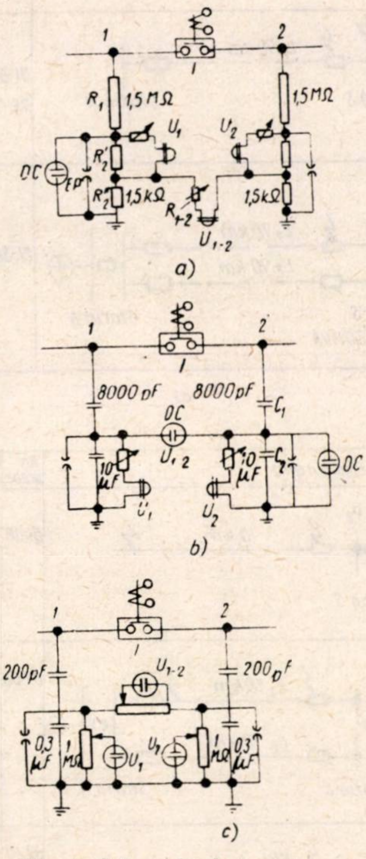

1
2
I
R1
1,5 MΩ
1,5 MΩ
U1
U2
OC
1 pF
R2'
R2
1,5 kΩ
1,5 kΩ
R1-2
U1-2
a)
8000 pF
8000 pF
C1
OC
10 µF
10 µF
U1
U2
b)
200 pF
200 pF
U1-2
0,3 µF
1 MΩ
U1
c)

Fig. 2. Schemele de înregistrare a tensiunilor dintre contacte.

Schemele s-au stabilit în condiţiile asigurării unor erori cît mai mici [6]. În acest scop, divizoarele conectate în punctele *1* şi *2*, şi care alcătuiesc cele două ramuri ale schemei în H, s-au ales identice, iar impedanţa conectată în punte s-a luat cît mai mare posibil.

Astfel, în cazul divizioarelor ohmice (schema din fig. 3), rezistenţa R_{1-2}, conectată în serie cu bucla de măsură a tensiunii U_{12}, s-a ales de aproximativ 15 kΩ, astfel încît să nu influenţeze exactitatea măsurătorii tensiunilor U_1 şi U_2 (R_{1-2}=15 kΩ, R_2 = 1,5 kΩ, $R_{1-2} > R_2$). Rezistenţele R_2', conectate în paralel cu buclele de măsură ale lui U_1, respectiv U_2, s-au montat cu scopul protejării aparatelor în cazul întreruperii circuitului de măsură ; în acelaşi scop s-a prevăzut şi eclatorul de protecţie *EP*. De menţionat că rezistenţa R_2' este practic şuntată de buclă, astfel încît pentru a putea conecta şi oscilograful catodic s-a prevăzut rezistenţa R_2'', care constituie în principal elementul de joasă tensiune al divizorului.

Divizoarele ohmice au fost realizate din rezistenţe bobinate cu capacitatea termică superioară celei impuse de calcule (peste 2,6 kW) [6].

La divizoarele capacitive, atît cele de mare capacitate (schema *b*) cît şi cele de mică capacitate (schema *c*), tensiunea între contactele întreruptorului s-a măsurat folosind oscilograful catodic, a cărui impedanţă de intrare, relativ mare (1 mΩ şi 10 pF), conduce la reducerea erorilor de măsură.

3.2. *Schema de comandă şi sincronizare a înregistrărilor*

Obţinerea unor oscilograme care să permită analiza amănunţită a procesului de comutare este condiţionată, în mare măsură, de sincronizarea înregistrării cu fenomenul şi de alegerea unei viteze de înregistrare corespunzătoare ; totodată este utilă marcarea oscilogramelor înregistrate pe diferite oscilografe pentru a putea face o analiză comparativă a comportării fazelor încercate. În acest scop s-a utilizat schema din figura 3, cu comutator-program şi relee de curent continuu.

Schema prezentată oferă posibilitatea realizării tuturor comutaţiilor prevăzute atît pentru încercările în gol cît şi în scurtcircuit. Realizarea schemei pe un panou special amenajat pentru experimentări a fost suficient de elastică şi a permis trecerea uşoară de la un ciclu de acţionare la altul.

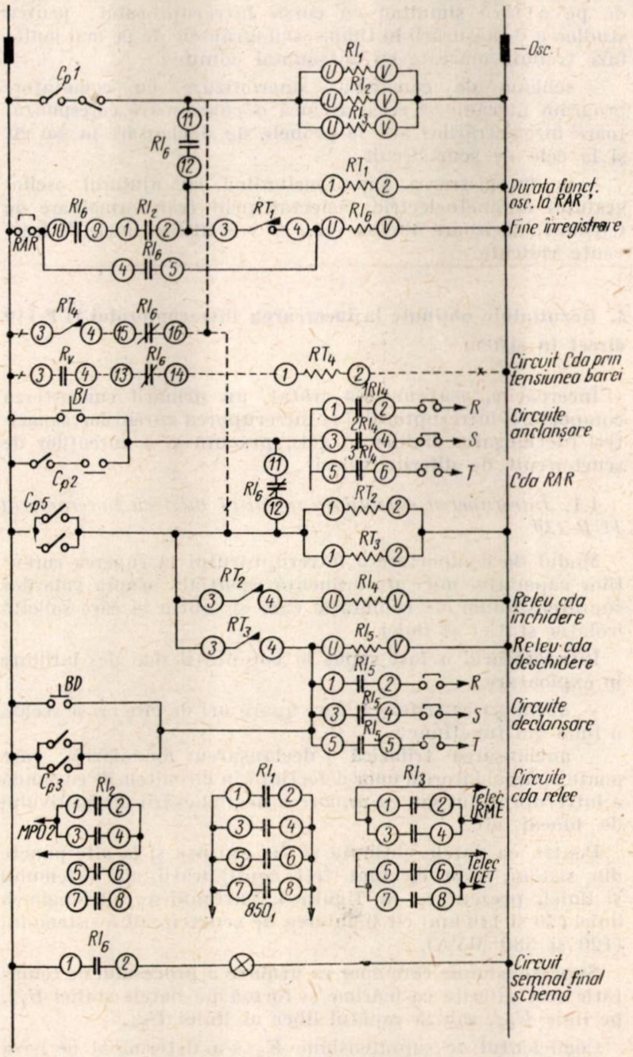

Osc.
Cp1
Rl1
Rl2
Rl3
Rl6
RT1
Durata funct. osc. la RAR
Fine înregistrare
RAR
RT4
Rv
Circuit Cda prin tensiunea barei
Bl
1Rl4
2Rl4
3Rl4
R
S
T
Circuite anclanşare
Cp2
Cda RAR
Cp5
RT2
RT3
Releu cda închidere
Releu cda deschidere
BD
Rl5
Circuite declanşare
Cp3
MPO2
Telec IRME
Telec ICET
850
Circuite cda relee
Circuit semnal final schemă

Fig. 3. Schema de comandă-sincronizare a înregistrării.

Circuitele de comandă realizate au dublat circuitele de comandă existente în stație și au permis realizarea unui timp de înregistrare reglabil pînă la o secundă cu comutatorul-program și pînă la 3s cu releele de timp ; timpul minim între două comenzi succesive a putut fi reglat pînă la 5 ms.

Tot prin schema de comandă a înregistrării s-a luat un impuls (impulsul de comandă a întreruptorului), care a fost introdus pe cîte o buclă din fiecare oscilograf, ceea ce a constituit un punct de reper comun necesar la analiza oscilogramelor. În același scop s-a înregistrat cursa contactelor întreruptorului de pe faza S, obținută prin traductor rezistiv.

Experimentarea schemelor de măsură, comandă, sincronizare a condus la stabilirea unor concluzii de care trebuie să se țină seamă la efectuarea probelor din anii următori, și anume :

— este necesară utilizarea cu precădere a oscilografelor catodice cu baleiaj mecanic, conectate la divizoare de mică capacitate prin cabluri coaxiale sau dublu coaxiale ;

— este posibilă utilizarea oscilografelor magnetoelectrice cu bucle conectate prin transformatoare de tensiune (sau de curent) sau divizoare ohmice cu rezistența peste 1 MΩ prin cabluri coaxiale sau ecranate ;

— pentru o analiză corespunzătoare a fenomenului este necesară înregistrarea pe aceeași oscilogramă a fenomenelor de pe o fază simultan cu cursa întreruptorului ; pentru studierea desfășurării în timp, oscilogramele de pe mai multe faze trebuie marcate cu un semnal comun ;

— schema de comandă — sincronizare cu comutator-program mecanic și relee asigură o coordonare corespunzătoare înregistrărilor atît la probele de declanșare în gol cît și la cele de scurtcircuit ;

— la înregistrarea supratensiunilor cu ajutorul oscilografului magnetoelectric, conectat prin transformatoare de tensiune, divizoare ohmice etc., se vor utiliza bucle de frecvențe ridicate.

4. Rezultatele obținute la încercarea întreruptorului IUP-110 direct în sistem

Încercările, așa cum s-a arătat, au urmărit cunoașterea comportării întreruptorului la întreruperea curenților capacitivi (declanșarea liniilor în gol), precum și a curenților de scurtcircuit de diferite valori.

4.1. *Întreruperea curenților capacitivi mici cu întreruptorul IUP-110*

Modul de comportare a întreruptorului la ruperea curenților capacitivi mici are influență esențială asupra valorilor supratensiunilor de comutație care se obțin și care solicită izolația stației și liniei.

Întreruptorul a fost supus la comutații mai des întîlnite în exploatare :

— declanșarea trifazică, care apare ori de cîte ori se scoate o linie din funcțiune ;

— anclanșarea trifazică — declanșarea monofazică, care poate apărea datorită unor defecțiuni în circuitele de comandă a întreruptorului sau ca urmare a neclichetării dispozitivului de blocaj etc.

Pentru ca datele obținute să fie extinse și la alte puncte din sistem, s-au efectuat trei configurații ale sistemului și liniei, prezentate în figura 4, variindu-se atît lungimea liniei (70 și 140 km) cît și puterea de scurtcircuit a sistemului (120 și 530 MVA).

Supratensiunile care apar ca urmare a procesului de comutație sînt diferite ca mărime și formă pe barele stației U_{1*}, pe linie U_{2*}, sau la capătul liber al liniei U_{3*}.

Coeficientul de supratensiune K_u s-a determinat pe baza relației [4] :

$$K_u = \frac{U_{max}}{\frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2}},$$

unde :

U_{max} este amplitudinea procesului tranzitoriu ;

$U/\sqrt{3}$ — tensiunea sursei de alimentare pe fază.

Pe baza oscilogramelor obținute s-a putut analiza atît procesul de deconectare a curenților capacitivi cu întreruptorul IUP-110 cît și variația valorilor supratensiunilor cauzate de deconectare.

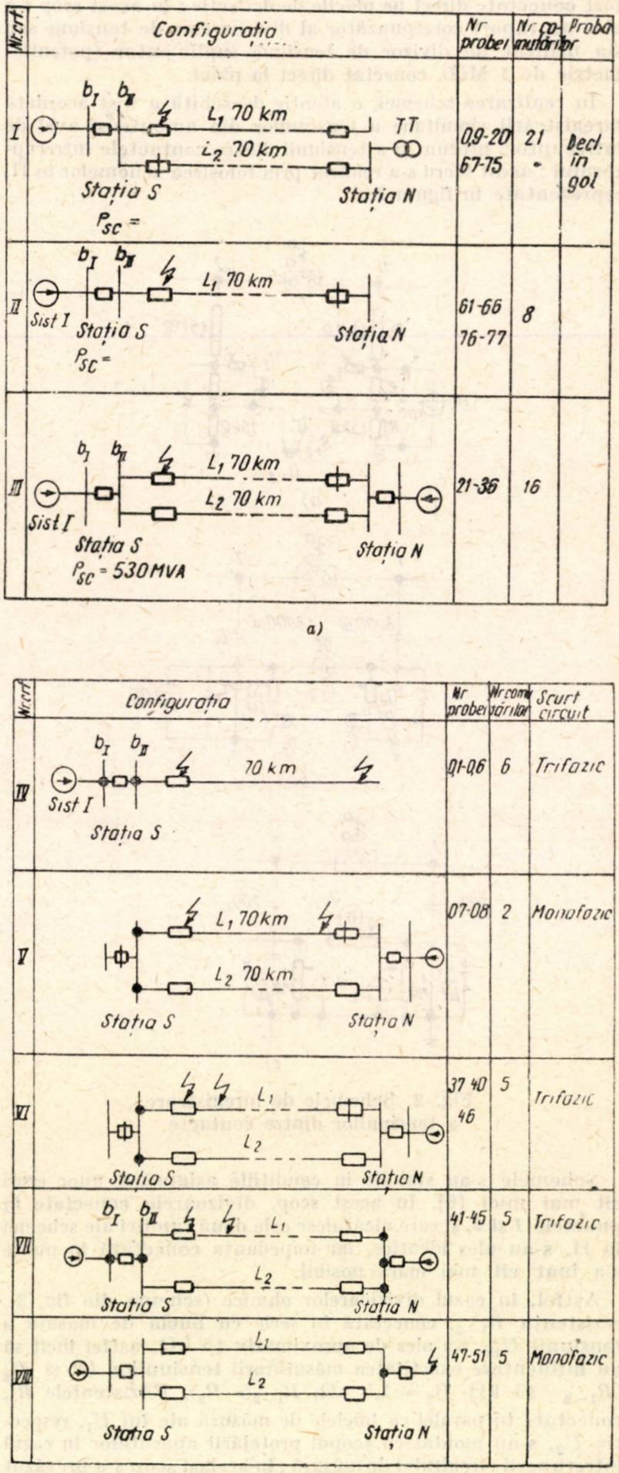


Fig. 4. Configurațiile realizate la încercări.

4.1.1. Caracteristicile procesului de deconectare a curenţilor capacitivi cu întreruptorul IUP-110

Procesul de deconectare a curenţilor capacitivi este determinat în mare măsură de caracteristica întreruptorului şi a sistemului la care se conectează linia.

Funcţie de aceste elemente se pot ivi următoarele situaţii :

a) Întreruptorul, după ruperea curentului capacitiv la trecerea acestuia prin zero, are o viteză de stabilire a rigidităţii mare şi nu permite reamorsări ; în acest caz apar supratensiuni de valoare mică pe barele staţiei, determinate de oscilaţiile cauzate de schimbarea configuraţiei.

b) Întreruptorul admite o reamorsare [14] după o semiperioadă de la trecerea prin zero a curentului capacitiv, adică atunci cînd între contacte se stabileşte tensiunea 2 U_f ; în acest caz valoarea supratensiunii pe linie atinge valori care depăşesc valoarea $3U_f$.

c) Întreruptorul admite multe reaprinderi şi reamorsări înainte chiar ca tensiunea sursei să schimbe polaritatea ; aceste reaprinderi şi reamorsări [16] au un caracter statistic fiind condiţionate de viteza de restabilire a rigidităţii ansamblului camerei de stingere. În această ultimă categorie se încadrează şi întreruptorul IUP-110.

Astfel, aşa cum rezultă din oscilogramele T_{27}, T_{28} (fig. 5 şi 6), obţinute în aceleaşi condiţii, după prima stingere, arcul se reaprinde datorită creşterii relativ lente a rigidităţii între contacte, chiar la tensiuni reduse (0,1 din valoarea tensiunii de fază).

În semiperioada ce urmează stingerii pot apărea reaprinderi sau reamorsări ale arcului de frecvenţă industrială, însoţite de impulsuri (şocuri) de curent, cu amplitudine din ce în ce mai mare.

Impulsurile de curent cu o durată de aproximativ 2 ms se succed cu o frecvenţă variabilă, avînd de asemenea un caracter aleatoriu. Valorile şocurilor de curent cresc o dată cu creşterea tensiunii reamorsării şi ca atare o dată cu creşterea rigidităţii dielectrice între contacte.

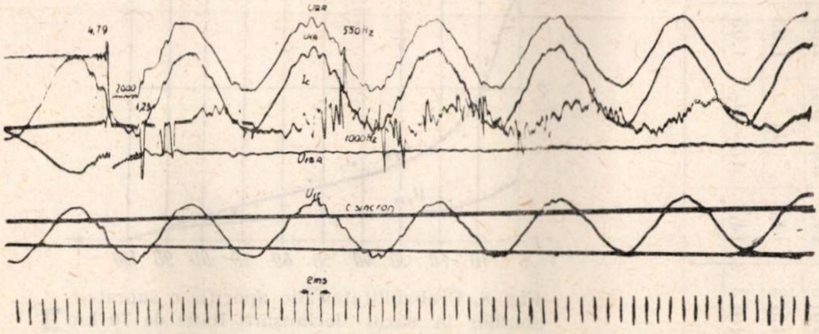


Fig. 5. Oscilograma T_{27} ; anclanşare-declanşare trifazică a fazei T.

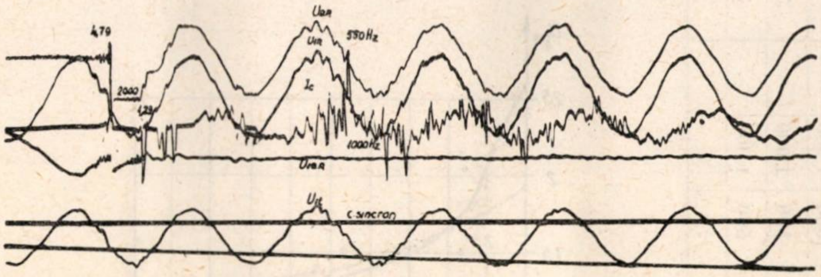


Fig. 6. Oscilograma T_{28} ; anclanşare-declanşare trifazică a fazei T.

Oscilogramele din figurile 5 şi 6, înregistrate în aceleaşi condiţii, diferă prin numărul şi intervalul dintre reaprinderi şi reamorsări. Astfel la oscilograma T_{27} se observă un număr de 8 reaprinderi şi reamorsări, pe cînd la oscilograma T_{28} numărul acestora este numai de 4.

Pe baza analizei calitative a oscilogramelor obţinute s-a putut stabili că valoarea supratensiunii este condiţionată în mare măsură de numărul, succesiunea şi durata dintre reaprinderi ; dependenţa dintre acestea nu se poate face decît pe baza unei analize statistice care va fi prezentată mai departe.

4.1.2. Rezultate privind supratensiunile ce apar prin anclanşarea şi declanşarea liniilor în gol cu întreruptorul IUP-110

Dată fiind variaţia aleatorie a factorilor care condiţionează procesul de deconectare şi conectare, rezultatele obţinute au fost prelucrate statistic potrivit metodelor indicate în literatură [15], datele principale fiind cuprinse în tabela 1, din care rezultă : numărul de comutaţii efectuate (45 în total), numărul de puncte măsurate (81 în total), puterea de scurtcircuit pe barele la care se conecta linia, lungimea liniei, tensiunea în momentul efectuării probelor, curentu capacitiv, valoarea supratensiunilor minime, medii statistice şi maxime obţinute pe barele staţiei U_{1*}, pe linia U_{2*} şi la capătul liniei de 140 km U_{3*}.

4.1.3. Variaţia statistică a diferitelor elemente măsurate

a) Probabilitatea de apariţie a supratensiunilor care să depăşească o anumită valoare. Pe baza datelor experimentale obţinute s-au determinat curbele frecvenţei de apariţie a supratensiunilor de o anumită valoare, iar pe baza acestora s-au trasat curbele probabilităţii de depăşire a supratensiunilor pe bara U_{1*}, pe linia U_{2*} şi la capătul liniei U_{3*}, pentru cazul deconectării liniei de 140 km şi 70 km ; în ultimul caz, curbele au fost trasate pentru situaţia alimentării liniei de la un sistem de putere de scurtcircuit de 530 MVA, respectiv 120 MVA, şi pentru ambele cazuri combinate.

Din analiza curbelor din figurile 7—9 şi a tabelei 1 rezultă următoarele :

— supratensiunile cele mai mari apar la declanşarea liniei de 140 km la capătul liber al liniei (fig. 7) ; probabilitatea ca aceste tensiuni să depăşească valoarea 3 U_f este foarte redusă (1 %) ;

— supratensiunile pe bare sînt mai mici decît supratensiunile pe linie (fig. 7 şi 8) ;

— la declanşarea liniilor de 70 km, supratensiunea la începutul liniei a depăşit valoarea 2,5 U_f cu o probabilitate de aproximativ 4 % (fig. 8), pe cînd supratensiunea pe bare a atins valoarea maximă de 1,3 ;

— supratensiunile la începutul liniei care să depăşească valoarea 1,6 sînt mai probabile în cazul alimentării de la un sistem de putere mare decît de la un sistem de putere mică (fig. 9) ;

— la liniile de 140 km, probabilitatea apariţiei supratensiunilor la capătul liber al liniei care să depăşească valoarea 2,5 U_f este aproximativ 4 % ; supratensiunile la începutul liniei nu au depăşit valoarea de 2,3 U_f decît într-un singur caz.

b) Influenţa numărului de reaprinderi şi reamorsări în întreruptor. Din analiza făcută a rezultat că numărul şi succesiunea reaprinderilor şi reamorsărilor condiţionează în mare măsură supratensiunea probabilă. Pentru a stabili natura şi mărimea acestei dependenţe, în figura 10 s-a trasat variaţia supratensiunii de la începutul unei linii de 140 km (curba a) şi de 70 km (curba b), precum şi de la capătul liber al unei linii de 140 km (curba c).

În toate cazurile, supratensiunile cresc cu numărul reamorsărilor sau reaprinderilor ; creşterea medie este mai redusă la liniile de 140 km şi mai rapidă la liniile de 70 km. În

Tabela I

Tip-config.	Nr. comutaţiilor	Nr. măsurătorilor	P_{sc} MVA	Frecvenţa			l km	U_1 kV	I_c A	Felul comutaţiei	Coeficientul de supratensiune									Şoc de curent A		
				f_1	f_2	f_3					K_{u1}			K_{u2}			K_{u3}					
				Val. măs.	Val. măs.	Val. măs.					Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.
I	7	20	110	500	1 000	1 000	140	$9b\sqrt{3}$	24,5	D_{tr}	1	1,2	1,44	1	1,46	2,25	1	1,44	3,06	91	152	365
	4	10	110	500	1 000	1 000	140	$9b\sqrt{3}$	24,5	$A_{tr}-D_{tr}$	1,2	1,28	1,61	1	1,41	1,83	1,2	1,54	1,83	80	122	224
	5	5	110	500	1 000	1 000	140	$9b\sqrt{3}$	24,5	D_{mf}	1,16	1,37	1,63	1,26	1,26	1,26	1,26	1,52	1,78	126	175	216
	5	5	110	500	1 000	1 000	140	$9b\sqrt{3}$	24,5	$A_{tr}-D_{mf}$	1,08	1,28	1,63	1,3	1,3	1,3	1,3	1,68	2,35	60	177	268
II	4	12	523	500	1 000	—	70	$116\sqrt{3}$	14,7	D_{tr}	1,1	1,17	1,37	1	1,44	2,2	—	—	—	82	178	241
	4	12	523	550	1 000	—	70	$115\sqrt{3}$	14,7	$A_{tr}-D_{tr}$	1	1,16	1,34	1,08	1,58	2,53	—	—	—	114	206	314
	4	4	523	500	1 000	—	70	$115\sqrt{3}$	14,7	D_{mf}	1	1,12	1,21	1	1,17	1,52	—	—	—	153	168	187
	4	2	523	500	1 000	—	70	$115\sqrt{3}$	14,7	$A_{tr}-D_{mf}$	1,05	1,11	1,17	1	1,31	1,62	—	—	—	48	164	272
III	4	5	110	500	1 000	—	70	$115\sqrt{3}$	14,7	D_{tr}	1,05	1,17	1,35	1,23	1,46	1,85	—	—	—	152	166	105
	4	6	110	500	1 000	—	70	$115\sqrt{3}$	14,7	$A_{tr}-D_{tr}$	1,05	1,15	1,2	1,1	1,33	1,46	—	—	—	168	182	210
	45	81																				

ultimul caz, numărul de reamorsări observate este mai mare decît la liniile de 140 km, atingînd valoarea de 8 faţă de 5. Acest lucru este confirmat şi de analiza curbelor frecvenţei de apariţie şi a probabilităţii de depăşire a cazurilor cu un anumit număr de reamorsări (fig. 11 şi 12).

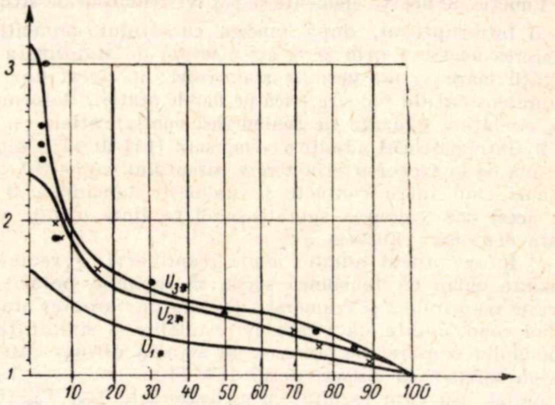


Fig. 7. Probabilitatea de apariţie a supratensiunilor care să depăşească o anumită valoare la liniile de 140 km.

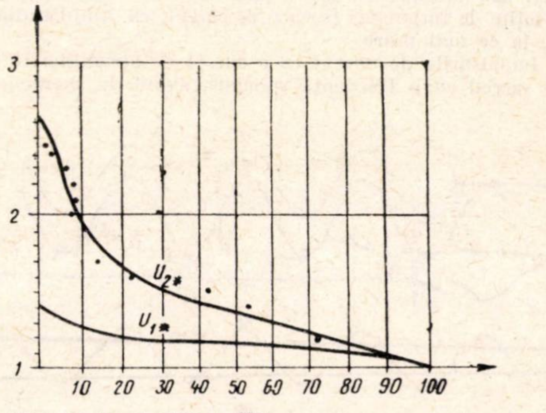


Fig. 8. Probabilitatea de apariţie a supratensiunilor în cazul declanşării liniei de 70 km (în total).

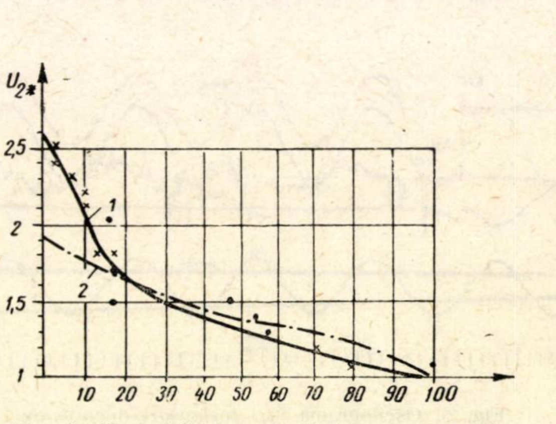


Fig. 9. Probabilitatea apariţiei supratensiunilor pe linie la declanşarea liniei de 70 km:
1 — pentru configuraţia III; 2 — pentru configuraţia II.

Din analiza curbelor din figurile 11 şi 12 rezultă că frecvenţa cea mai mare de apariţie a reamorsărilor este de 3, respectiv 4, pentru liniile de 140 km, respectiv 70 km.

Creşterea numărului de reamorsări la întreruperea liniilor de 70 km se explică prin faptul că în acest caz viteza tensiunii de restabilire este mai mare.

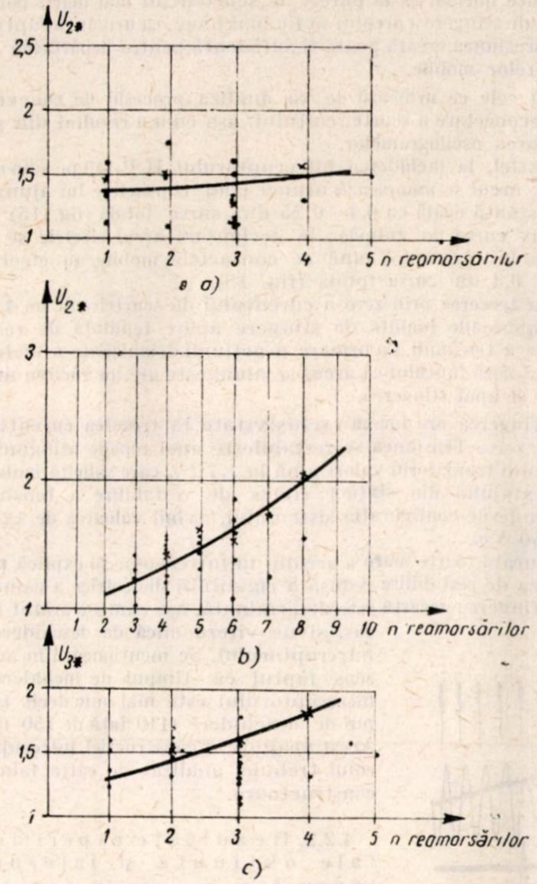


Fig. 10. Dependenţa supratensiunilor de numărul reamorsărilor şi reaprinderilor.

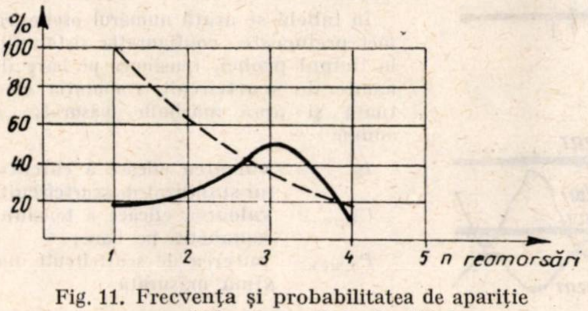


Fig. 11. Frecvenţa şi probabilitatea de apariţie a reamorsărilor la o linie de 140 km.

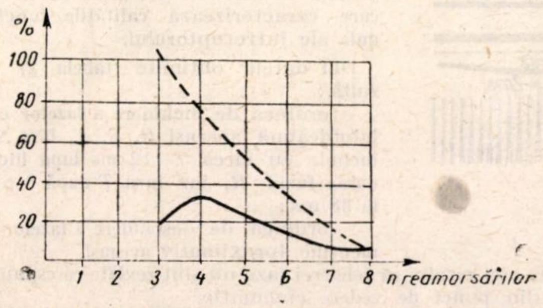


Fig. 12. Frecvenţa şi probabilitatea de apariţie a reamorsărilor la o linie de 70 km.

c) Caracteristica internă a întreruptorului. Creşterea în timp a rigidităţii dielectrice între contactele întreruptorului condiţionează în mare măsură procesele care au loc la deconectarea curenţilor capacitivi mici. Această variaţie s-a stabilit pe baza oscilogramelor obţinute, luînd ca origine de timp prima trecere prin zero a curentului capacitiv după desfacerea contactelor. Curbele obţinute (fig. 13) au numai un caracter calitativ deoarece perechile de puncte considerate sînt afectate de erori de măsurare şi de citire.

Caracteristica de tensiune de restabilire poate servi la determinarea succesiunii în timp a reamorsărilor în întreruptor; viteza de restabilire a rigidităţii este mică la începutul separării contactelor, ceea ce favorizează producerea unui număr mare de reaprinderi. Viteza de restabilire creşte apoi relativ repede, ceea ce împiedică reapariţia reamorsărilor la tensiunea $U_{12} < 1,5\ U_{max}$, conducînd astfel la supratensiuni mai mici. Viteza relativ mică de restabilire poate conduce în anumite condiţii la defecte grave.

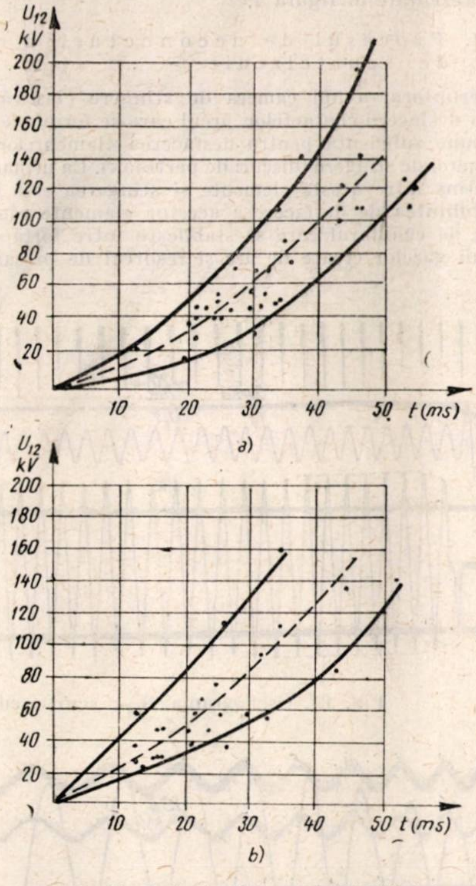


Fig. 13. Variaţia în timp a rigidităţii între contactele întreruptorului :

1 — la faza TR; b — la faza T.

Astfel, dacă supratensiunea creată după prima sau a doua reamorsare provoacă conturnarea unui lanţ de izolatoare în întreruptor, apare arcul de scurtcircuit; se creează astfel regimuri grele de funcţionare pentru întreruptor, care se pot termina cu defectarea lui. Aceste defecţiuni s-au observat relativ des în exploatare [16].

Pe baza analizei comportării întreruptorului la ruperea curenţilor capacitivi mici (declanşarea liniilor în gol) se pot stabili următoarele :

— ca urmare a vitezei reduse de restabilire a rigidităţii dielectrice a camerei de stingere, întreruperea curenţilor capacitivi mici (declanşarea liniilor în gol) are loc cu un număr mare de reaprinderi şi reamorsări, valoarea supratensiunilor creşte proporţional cu numărul de reamorsări şi reaprinderi ;

— supratensiunile create prin declanșarea liniilor cu întreruptorul IUP-110 nu sînt periculoase pentru izolația liniilor și stațiilor și ca urmare conturnarea izolației poate apărea numai în cazul cînd aceasta este redusă cu mult sub nivelul nominal;

— întreruptorul poate rupe curenții capacitivi ai liniilor de 70 și 140 km fără repercusiuni evidente asupra camerei de stingere.

4.2. *Întreruperea curenților de scurtcircuit cu întreruptorul IUP-110*

Modul de comportare a întreruptorului la ruperea curenților de scurtcircuit condiționează în mare măsură periodicitatea reviziilor în exploatare. În acest scop, probele au urmărit să evidențieze comportarea camerei de stingere la ruperea repetată a unor curenți de scurtcircuit de valori diferite.

Întreruptorul a fost încercat la puteri de scurtcircuit valabile între 80 MVA și 530 MVA, corespunzătoare configurațiilor prezentate în figura 4.

4.2.1. Procesul de deconectare a curenților de scurtcircuit

Întreruptorul avînd camera de stingere elastică, la începerea desfacerii contactelor, arcul care se formează creează o presiune suficientă pentru desfacerea elementelor mobile ale camerei de stingere (discuri de pertinax). Ca urmare, arcul este întins între aceste elemente și stingerea este ușurată.

Posibilitatea de desfacere a acestor elemente este determinată de echilibrul care se stabilește între forța datorită presiunii gazelor create de arc și resortul de presare.

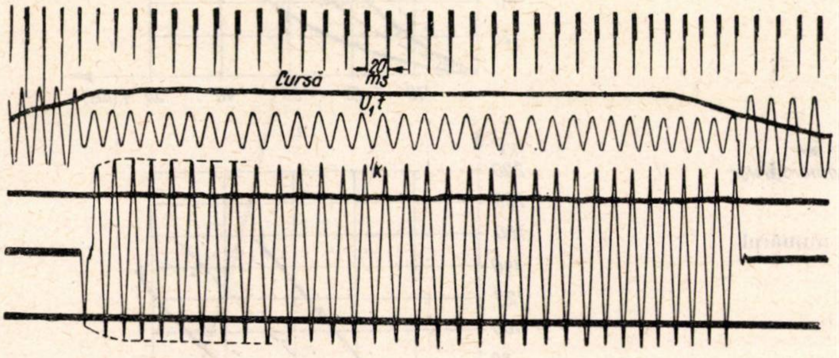


Fig. 14. Oscilograma S_{07}; scurtcircuitul monofazic.

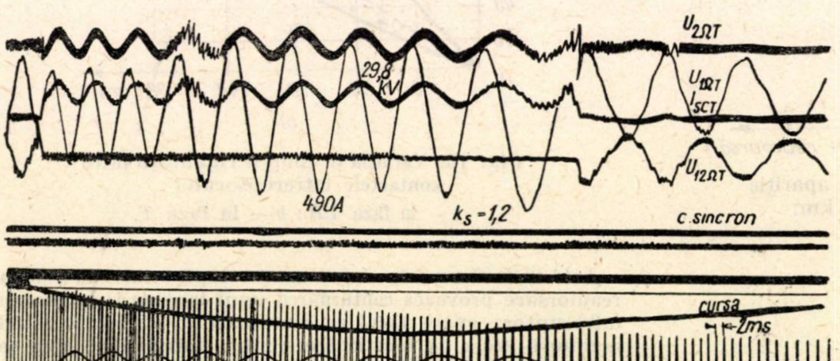


Fig. 15. Oscilograma T_{06}.

Apare evident că, la puteri de scurtcircuit foarte mici, presiunea este relativ mică și elementele mobile nu se mai desfac; mediul de ulei este însă suficient ca să producă stingerea arcului.

La puteri de scurtcircuit mici, cînd încă presiunea nu este suficientă pentru desfacerea resortului de comprimare, este necesar ca arcul să se întindă mult pentru ca să poată fi apoi stins în mediu de ulei.

Pare normal ca la puteri de scurtcircuit mai mari, condițiile de stingere a arcului să fie mai bune, ca urmare a faptului că presiunea creată poate fi suficientă pentru depărtarea elementelor mobile.

În cele ce urmează se va analiza procesul de conectare și deconectare a scurtcircuitului, așa cum a rezultat din prelucrarea oscilogramelor.

Astfel, la închiderea întreruptorului IUP-110 pe scurtcircuit, arcul se amorsează atunci cînd contactele lui ajung la o distanță egală cu 0,4—0,25 din sursa totală (fig. 15) (inclusiv cursa în tulipă); la declanșare arcul electric se întinde în întreruptor pînă ce contactele mobile au efectuat 0,3—0,4 din cursa totală (fig. 15).

La trecerea prin zero a curentului de scurtcircuit cu 1—2 semiperioade înainte de stingere apare tendința de restabilire a tensiunii. Ca urmare a acțiunii deionizante a uleiului și datorită faptului că arcul se alungește are loc răcirea acestuia și apoi stingerea.

Stingerea are loc cu exclusivitate la trecerea curentului prin zero. Tensiunea se restabilește apoi repede atingînd în regimul tranzitoriu valori pînă la 1,7 U_f, care solicită izolația aparatajului din stație; viteza de restabilire a tensiunii depinde de configurația sistemului, avînd valoarea de 120—250 V/s.

Durata foarte mare a arcului în întreruptor se explică prin viteza de restabilire redusă a rigidității dielectrice a camerei de stingere; aceasta este determinată, așa cum s-a arătat mai sus, și de viteza mică de deschidere a întreruptorului. Se menționează în acest sens faptul că timpul de închidere a întreruptorului este mai mic decît timpul de deschidere (110 față de 150 ms). Acest neajuns al construcției întreruptorului trebuie analizat de către fabrica constructoare.

4.2.2. Rezultate experimentale obținute și interpretarea lor

Pe baza prelucrării a 23 oscilograme s-au obținut rezutatele prezentate în tabela 2.

În tabelă se arată numărul oscilogramei prelucrate, configurația sistemului în timpul probei, tensiunea pe bare dinainte de scurtcircuit, comutația efectuată și apoi mărimile măsurate, și anume:

I_k — valoarea eficace a curentului stabilizat de scurtcircuit;
U_{bare} — valoarea eficace a tensiunii remanente pe bare;
$P_{a\,max}$ — puterea de scurtcircuit maximă măsurată.

Pe baza datelor experimentale se vor analiza în cele ce urmează elementele care caracterizează calitățile funcționale ale întreruptorului.

Din datele obținute (tabela 2) rezultă:

— ordinea de închidere a fazelor este întotdeauna aceeași R, S, T, faza S se închide cu circa 7—12 ms după închiderea fazei R, iar faza T după 8 pînă la 38 ms;

— ordinea de deschidere a fazelor se menține aproximativ aceeași.

De aici rezultă că cele trei faze nu sînt reglate corespunzător din punct de vedere cinematic.

Este util ca atît la reglarea din fabrică cît și la efectuarea reviziilor să se acorde o atenție deosebită reglării sincrone

Tabela 2

Nr. probei	Configurația rețelei	U_b kV	Comutația efectuată	Mărimea măsurată				
				I_k kA	U_{bare} kV	I_a	I_{sc}	P_{max} MVA
01	IV	$\frac{103}{\sqrt{3}}$	A–D	0,494	$\frac{46}{\sqrt{3}}$	0,25	0,36	88
02			A–D	0,495	$\frac{43,5}{\sqrt{3}}$	—	—	88,5
03			A–D	0,455	—	—	—	81
04			A–D	0,468	$\frac{48}{\sqrt{3}}$	0,25	0,36	83,5
05		$\frac{103}{\sqrt{3}}$	RAR A–D-1,26″ A–D	0,4	$\frac{52}{\sqrt{3}}$	0,26	0,39	82
				0,485	$\frac{46}{\sqrt{3}}$	0,32	0,44	88
				0,300	$\frac{18}{\sqrt{3}}$	—	—	53,3
				0,305	$\frac{18}{\sqrt{3}}$	—	—	54,5
06		$\frac{103}{\sqrt{3}}$	RAR A–D–1,26″ A–D	0,494	$\frac{29,8}{\sqrt{3}}$	0,2	0,38	88
				0,485	$\frac{29,8}{\sqrt{3}}$	0,3	0,39	88
				0,300	—	—	—	53,5
07	V	$\frac{122}{\sqrt{3}}$	A–Dm (faza *S*)	0,910	—	0,32	0,5	192
08			A–Dm (faza *S*)	0,890	$\frac{122}{\sqrt{3}}$	0,37	0,5	188
37	VI	$\frac{118}{\sqrt{3}}$	$A-D_{trif}$	—	—	—	—	—
38			$A-D_{trif}$	—	—	—	—	—
39			$A-D_{trif}$	—	—	—	—	—
40			$A-D_{trif}$	—	—	—	—	—
41	VII	$\frac{116}{\sqrt{3}}$	$A-D_{trif}$	2,64	0	—	—	530
42			$A-D_{trif}$	2,5	0	0,42	—	530
43			$A-D_{trif}$	2,41	0	0,42	—	530
44			$A-D_{trif}$	2,6	0	0,42	—	520
45			$A-D_{trif}$	2,5	0	0,42	0,58	530

Continuarea tabelei 2

Nr. probei	Configurația rețelei	U_b kV	Comutația efectuată	Mărimea măsurată				
				I_k kA	U_{bare} kV	I_a	I_{sc}	P_{max} MVA
46	VI	$\frac{116}{\sqrt{3}}$	$A-D-0{,}56''-A-D$	1,4	0	—	—	281
			$A-D-0{,}66''-A-D$	1,38	0	—	—	296
47	VIII	$\frac{115}{\sqrt{3}}$	S_c faza R	—	$\frac{115}{\sqrt{3}}$	—	—	—
48			S_c faza T	0,295	$\frac{46}{\sqrt{3}}$ $\frac{57}{\sqrt{3}}$	—	—	97,5
49			S_c faza T	0,295	$\frac{46}{\sqrt{3}}$ $\frac{57}{\sqrt{3}}$	—	—	97,5
50	VIII	$\frac{115}{\sqrt{3}}$	S_c faza R	—	$\frac{115}{\sqrt{3}}$	—	—	—
51			S_c faza R	—	—	—	—	—

a dispozitivelor de acționare în scopul reducerii decalajului lor.

Existența unui decalaj relativ mare în acționarea întreruptorului poate duce la greutăți în realizarea sincronizării, precum și la semnalizări greșite.

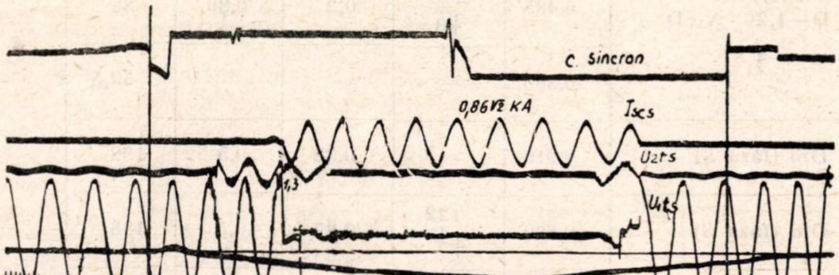


Fig. 16. Ocilograma S_{46}.

Pe baza datelor cuprinse în tabela 2 s-au putut deduce următoarele :

— Distanța la care amorsează arcul în întreruptor este mai mică decît distanța la care are loc stingerea ; acest lucru este determinat de condițiile de lucru diferite în cele două situații (la declanșare, mediul are nevoie de un timp mai mare pentru refacerea rigidității).

— Distanța de amorsare, respectiv stingere, crește cu numărul comutațiilor ; aceasta indică degradarea uleiului din camera de stingere, lucru de altfel observat la reviziile făcute.

Creșterea mai evidentă a distanței de străpungere cu numărul comutațiilor la probele 0,1 — 0,6 este explicată și prin faptul că timpul dintre două operații a fost relativ redus.

— Distanța dintre contacte la care se stinge arcul crește cu puterea de scurtcircuit (pentru puteri pînă la 500 MVA) ; acest lucru este justificat de faptul că elementele mobile ale camerei elastice nu se deschid uniform și ca urmare stingerea arcului nu se efectuează în condiții normale.

De menționat că la proba 46 durata arcului a fost echivalentă aproximativ cu durata cursei, ceea ce de fapt a condus, în ultimă instanță, la distrugerea camerei și a tiranților.

e) Puterea de scurtcircuit și numărul de comutări. Puterea de scurtcircuit trifazat deconectată de întreruptor a fost în limitele 80, 350 și 580 MVA, obținerea ei fiind posibilă ca urmare a configurațiilor realizate.

De menționat că, datorită funcționării nesincrone a fazelor, unele scurtcircuite trifazate au devenit monofazate (fig. 15).

Puterea de scurtcircuit maximă de 530 MVA a fost deconectată de 5 ori consecutiv, după care fără revizie s-a deconectat o putere de aproximativ 300 MVA prin schema RAR. La această ultimă probă, arcul pe faza *S* s-a întins pînă la capătul cursei (fig. 16) şi presiunea creată a determinat deteriorarea camerei de stingere şi a tiranţilor.

Puterea de scurtcircuit de 88 MVA a fost deconectată de 5 ori, după care a urmat deconectarea prin schema RAR. Aceste deconectări au avut ca efect scăderea calităţilor dielectrice ale uleiului.

Din probele de scurtcircuit efectuate rezultă că :

— întreruptorul are o viteză de restabilire a rigidităţii redusă ;

— întreruptorul poate rupe consecutiv o putere de 530 MVA numai de cel mult trei ori ; întreruperea are ca efect degradarea excesivă a rigidităţii dielectrice a camerei ;

— întreruptorul poate efectua un număr mare (4—5) de întreruperi la puteri de 80—100 MVA cu o degradare relativ redusă a rigidităţii dielectrice a camerei ;

— funcţionarea sincronă a fazelor poate fi obţinută printr-o reglare atentă.

4.3. *Comportarea întreruptorului în timpul încercărilor*

Într-o primă etapă a încercărilor (august 1962) au fost executate un număr de 17 comutaţii (anclanşări şi declanşări ale liniilor în gol). În timpul acestei categorii de încercări, întreruptorul a funcţionat normal atît din punct de vedere mecanic cît şi din punct de vedere electric.

Ciclul încercărilor în cea de-a doua etapă a început prin declanşarea scurtcircuitelor monofazice [14] (scurtcircuit la Borzeşti — 6 comutaţii).

În timpul acestor încercări s-au remarcat expulzări de ulei la faza *S*, care în mod normal nu trebuiau să apară [14].

La revizia întreruptorului nu s-a remarcat nimic anormal.

Ciclul următor de încercări a fost format dintr-un număr de 16 declanşări şi anclanşări în gol şi două scurtcircuite monofazice (la staţia Borzeşti).

În timpul încercărilor de anclanşare şi declanşare a liniilor în gol, întreruptorul s-a comportat normal, spre deosebire de încercările de scurtcircuit, unde s-au constatat expulzări de gaze însoţite de expulzări de ulei anormale [14].

La revizia întreruptorului s-a putut constata că :

— aspectul ansamblurilor se prezintă normal, exceptînd ruperea capului unui tirant la faza *S*, iar probele de ulei nu au indicat necesitatea schimbării acestuia (rigiditatea dielectrică 70 km/cm — aspectul de ulei ars).

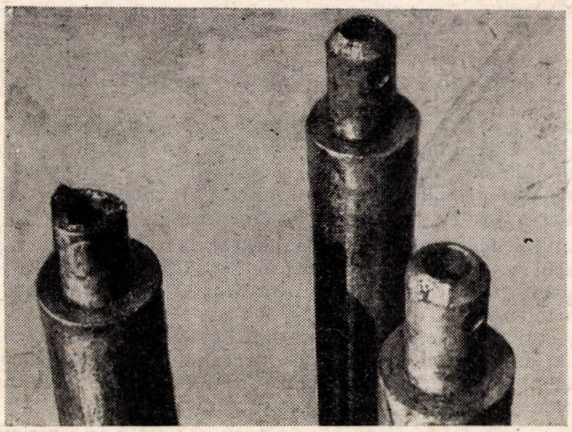


Fig. 17.

Ciclul care a urmat era format din : cinci comutaţii de anclanşare şi declanşare a scurtcircuitului trifazic la staţia Focşani cu aportul întregului sistem (circa 530 MVA) şi comutaţie prin RAR cu aportul sistemului Moldova circa 250 MVA.

În timpul încercărilor de anclanşare şi declanşare a scurtcircuitului, întreruptorul a expulzat mult ulei. Fenomenul s-a manifestat mai puternic la fazele *R* şi *S*.

Din punctul de vedere al funcţionării sistemului cinematic, acesta s-a comportat normal.

Pauza între ciclurile de anclanşare — declanşare a fost de 10—15′ ; între comutaţii nu s-au făcut revizii.

În timpul încercării de rupere a scurtcircuitului trifazic alimentat de sistemul Moldova ($R_{sc} \cong 300$ MVA) prin RAR fazele *R* şi *T* au expulzat, ca şi la probele precedente, ulei, iar faza *S* a întreruptorului a explodat. În timpul exploziei s-a putut observa modificarea poziţiei calotei polului respectiv şi expulzarea unei cantităţi mari de gaze şi ulei.

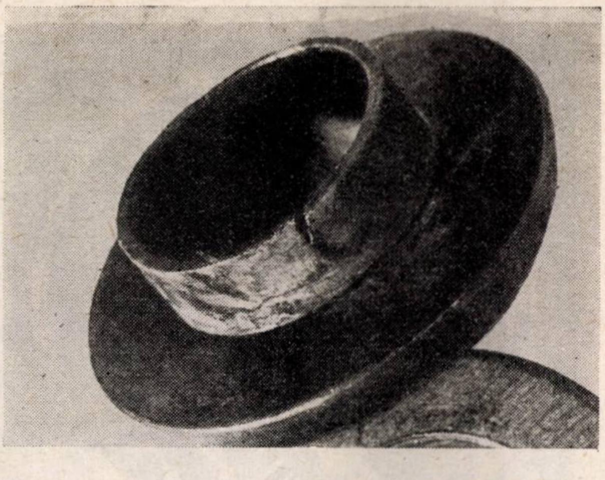


Fig. 18.

La revizia întreruptorului s-au constatat următoarele ;

Faza *R*

Ansamblul camerei de stingere :

— ruperea capului superior al unui tirant izolant ;

— arsuri în urma arcului electric la partea superioară a tiranţilor izolanţi ;

Ansamblul contact-tulipă superior şi contact mobil :

— eroziuni şi perlări în urma arcului electric ;

— contactele elastice de aspect normal ;

— contactul mobil cu perlări la vîrf.

Faza *S*

Ansamblul cameră de stingere :

— ruperea părţii superioare a camerei de stingere principale ;

— fisurarea tamponului camerei de stingere principale ;

— deformarea resoartelor de presiune cu ruperea buloanelor de ghidaj ale resoartelor.

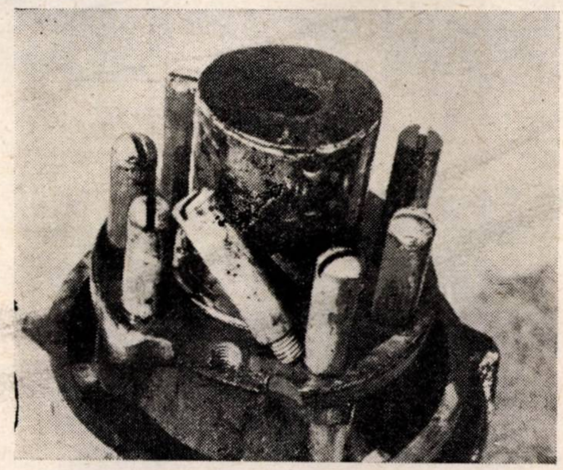


Fig. 19.

Ansamblul izolator superior:

— distrugerea cilindrului izolant interior (montat între camera de stingere și izolatorul propriu-zis);

— distrugerea legăturii între cilindrul izolant și calotă.

Ansamblul contact-tulipă superior și contact mobil:

— eroziuni și perlări puternice în urma acțiunii arcului electric;

— contact mobil cu perlări puternice la vîrf.

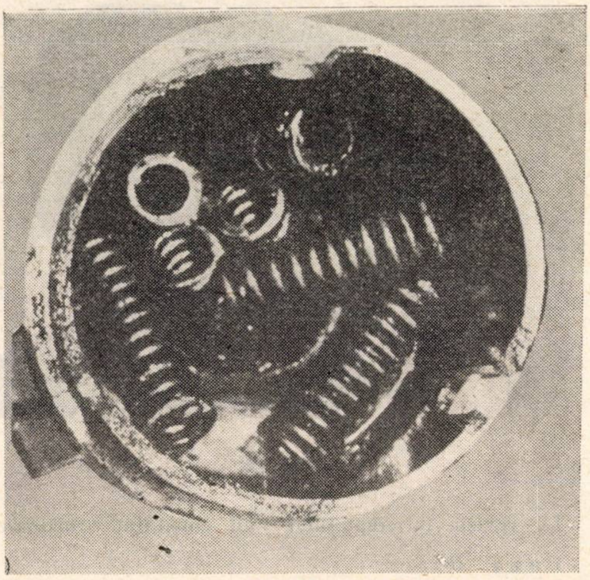


Fig. 20.

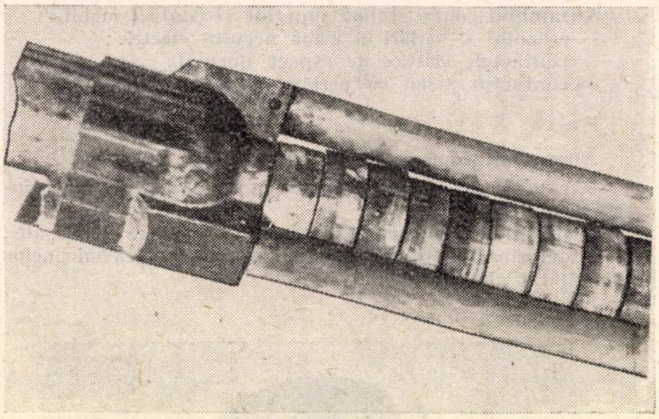


Fig. 21.

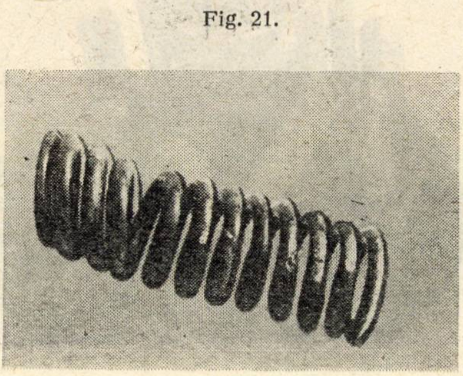


Fig. 22.

Faza *T*

Ansamblul cameră de stingere:

— aspectele tiranților identice ca și la faza *R* (fără ruperea tirantului);

— restul ansamblurilor aveau aspectul identic ca la faza *R*.

Măsurarea rigidității uleiului a indicat că valoarea rigidității a scăzut la circa 30 kV/cm.

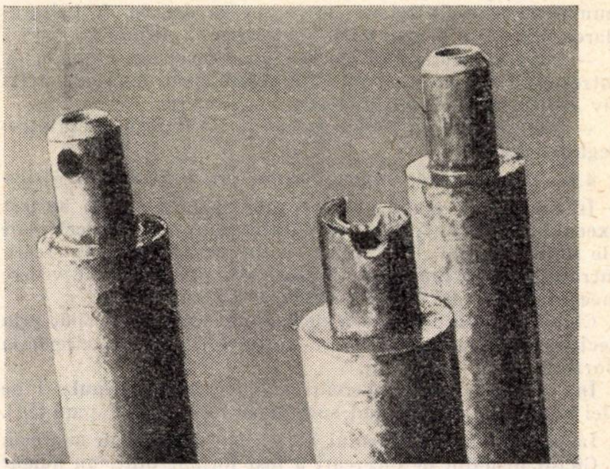


Fig. 23.

Concluzii

Pe baza încercărilor executate cu IUP-110, ținînd seamă de toate constatările făcute și înregistrările obținute, se pot trage următoarele concluzii privind comportarea întreruptorului:

1. Reglajul întreruptorului se face destul de greu datorită unui număr mare de grade de libertate în sistemul cinematic. UEPC va trebui să acorde atenție eliminării acestei deficiențe, care provoacă greutăți în exploatare.

2. Din oscilogramele obținute la încercările de anclanșare și declanșare a liniilor în gol s-a putut constata un număr mare de reamorsări și reaprinderi în timpul ruperii arcului, ca urmare a vitezei mici de restabilire a rigidității dielectrice a camerei de stingere.

Se consideră totuși că ruperea curenților capacitivi de 15-30 A (linii în gol de 70—150 km) nu pune în pericol funcționarea întreruptorului. Supratensiunile care apar la declanșarea liniilor în gol în punctul Focșani nu sînt periculoase pentru izolația liniei și stației.

3. Oscilogramele obținute au arătat că întreruptorul rupe destul de greu scurtcircuitele de putere relativ mică; întreruptorul se comportă nesatisfăcător la ruperea repetată a scurtcircuitelor de 300—500 MVA.

Acest fapt confirmă părerea existentă înaintea încercărilor că ansamblul camerei de stingere necesită modificări constructive, precum și îmbunătățirea materialului din care este confecționată camera de stingere principală.

Ca rezultat al probelor se recomandă următoarea periodicitate a reviziilor întreruptorului IUP-110 în exploatare:

a. Reviziile să fie efectuate după trei declanșări pe scurtcircuite de 300—600 MVA.

b. Pentru ruperi de puteri de scurtcircuit sub valoarea de 300 MVA reviziile se vor face conform PET.

c. La ținerea evidenței declanșărilor pe scurtcircuite, RAR nereușit va fi considerat ca două declanșări.

d. La puteri mai mari de 600 MVA se vor efectua revizii după fiecare declanșare sau ciclu RAR (reușit sau nereușit).

e. Se recomandă ca după efectuarea numărului declanșărilor prevăzute mai sus să se scoată RAR pînă la efectuarea reviziei.

f. Pauza de RAR se recomandă să fie de minimum 1, 2”.

4. Este necesară studierea îmbunătăţirii camerei de stingere la întreruptoarele de fabricaţie curentă, ca şi la cele aflate în exploatare.

Studiul şi cercetările necesare trebuie executate în colaborare cu FCME şi UEPC atît în laboratoare cît şi prin încercări în sistem.

5. Considerăm ca foarte necesară continuarea încercărilor în sistem a întreruptorului IUP-110 pentru a putea verifica comportarea acestuia la ruperea curenţilor inductivi de mică valoare (transformatoare în gol).

În afară de aceasta continuarea încercărilor pe viu este dictată de necesitatea cunoaşterii comportării întreruptorului la declanşarea liniilor în gol în diverse puncte ale sistemului energetic şi la puteri de scurtcircuit mai mari decît în punctul staţiei 110 kV Focşani.

De asemenea este necesară studierea întreruptorului la întreruperea defectelor kilometrice şi evolutive.

6. În urma experienţei acumulate la încercările executate, primele de acest gen în sistemul nostru energetic, s-a putut stabili o metodologie generală de exploatare care va putea fi folosită la încercările ulterioare ce se vor efectua în sistemul nostru energetic.

Bibliografie

[1] Lihaciov, F. A. *Otkliucenie nenagrujenih linii 110 kV vozduşnîmi vîkliuceateliami.* În: Elektriceskie stanţii nr. 9/1962, p. 62.

[2] Lihaciov, F. A. *Otkliucenie nenagrujenih linii 220 kV.* În: Elektriceskie stanţii nr. 3/1962, p. 63.

[3] Popa, B. *Metodologia de măsură pentru înregistrarea supratensiunilor care apar la declanşarea liniilor în gol.* SCE seria A. XII, nr. 4, 1962.

[4] Baltensperger, P. *Essais de coupures de ligne à vide de faibles courants inductifs par un disjoncteur pneumatique ultrarapide BBC à 220 kV, executé à la Centrale Suèdoise de Stadsforsen.* În: Revue BBC 1951, nr. 12, p. 259–317.

[5] Starr, E. C. şi Harrington, L. J. *Essais des disjoncteurs en lieu de service.* Rap. 109, CIGRE, 1960.

[6] Popa, B. *Erorile de măsură a schemelor de înregistrare a supratensiunilor interne.* SCE, seria A. XII, nr. 2, 1962, p. 324–325.

[7] Kindler, H. *Beitrag zur Untersuchung der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Leitungen in Hochspannungsnetzen.* În: ETZ 78/1957, p. 449–557.

[8] Nasco, H. *Beitrag zur Untersuchung der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender der homogener Leitungen in Hochspannungsnetzen.* În: ETZ – Bg. 83, 1962, p. 39–45.

[9] Rudenberg, R. *Fenomene tranzitorii în sisteme electroenergetice.* Ed. Tehnică, 1959.

[10] Hochrainer, A. *Die Prüfung von Hochspannungsschaltern.* În: Elektrizitätswirtschaft nr. 8/1961, p. 241–251.

[11] Gersonovitci, S. *Vîkliuceateli peremenovo toka.* Gosenergoizdat, p. 326–348.

[12] Petipierre, R. *Zusamenhang zwischen dem Netzverhältnissen und dem Verhalten von Leistungsschaltern in verschiedenen Kritischen Schaltfällen.* În: E.T.Z. 29/30, 1961, p. 597–608.

[13] Baltensperger, H. *Surtension apparaissant lors de la coupure de faibles courants inductifs et capacitifs dans les réseaux à haute tension.* În: Revue Brown Broveri nr. 4, aprilie 1960.

[14] Baatz, H. *Überspannungen in Energieversorgungsnetzen,* Springer Verlag, Berlin 1956, p. 219.

[15] Worthning, A. şi Geffner, J. *Prelucrarea datelor experimentale* (traducere din limba engleză). Editura tehnică, Bucureşti, 1959.

[16] Dolghinov, A. *Perenapriajenie v elektriceskih sistemah.* G.E.I. Moscova 1962.

[17] *Règles de la CEI pour les disjoncteurs à courant alternatif.* Chapitre I. *Règles relatives au fonctionnement lors de courts-circuits,* 1954.

Sistem de telesemnalizare automată prin telefon.

Instalaţia TELEMAG

Ing. *GH. VARADI* şi ing. *V. RADIAN*

Instalaţia TELEMAG reprezintă un nou sistem de telesemnalizare şi este prima realizare de acest gen din R.P.R. Ea este destinată legăturilor de dispecer energetic, industrial etc., putîndu-se aplica la orice instalaţie unde semnalizarea funcţionării elementelor se face prin contacte de semnalizare.

Instalaţia permite rezolvarea problemei telesemnalizării selective a obiectelor într-un mod simplu şi sugestiv. Telesemnalizarea se primeşte verbal, la telefon, textele fiind înregistrate pe bandă de magnetofon, ca şi cînd dispecerul ar sta de vorbă cu personalul care raportează starea instalaţiei care se telesemnalizează.

TELEMAG este adecvat instalaţiilor fără personal de deservire permanent, ca: instalaţii de alimentare cu energie (centrale, staţii de transformare, puncte de alimentare etc.) la supravegherea funcţionării agregatelor automatizate din industria petrolieră, gaze etc.

Economicitatea şi siguranţa în funcţionare a sistemului, precum şi posibilitatea adaptării comode şi într-un timp foarte redus, fără dispozitive speciale, la orice instalaţie care se pretează la telesemnalizare, justifică utilitatea acestuia în sistemele energetice.

IRME a introdus în exploatarea de probă instalaţia TELEMAG în 1962. După o perioadă de circa 1 an (ianuarie-decembrie), în care timp s-au făcut încercări asupra diverselor părţi componente ale instalaţiei, ea a fost pusă în exploatare definitiv. În anul de probă, instalaţia a dat rezultatele scontate, prezentînd o deosebită robusteţe şi o totală siguranţă în funcţionare. Prima instalaţie TELEMAG funcţionează în reţeaua IRE Bucureşti, realizînd telesemnalizarea aparatajului de comutaţie din PA Foişor, la dispecerul staţiei Obor.

Avantajele sistemului

— Instalaţia de telesemnalizare nu are nevoie de cablu de legătură separat cu dispecerul. Ca circuit de legătură se foloseşte legătura telefonică existentă în locul respectiv. Telefonul poate fi de tip BL, telefon automat BC, telefon prin curenţi purtători pe cablu sau pe linie de energie. TELEMAG nu influenţează funcţionarea telefonului cu care este legat în paralel, deconectîndu-se automat în momentul cînd acesta se foloseşte pentru convorbire normală.

— Telesemnalizarea se face verbal, de pe bandă de magnetofon. Denumirea obiectului semnalizat enunţîndu-se nominal, se elimină orice dubiu în legătură cu informaţia primită.

— Siguranţa în funcţionare a instalaţiei faţă de un sistem obişnuit de telesemnalizare cu relee şi mnemoschemă este mult mai ridicată, datorită simplităţii schemei instalaţiei.

Indiferent de numărul obiectelor de semnalizat, pentru telesemnalizare se folosesc în TELEMAG în total două relee telefonice.

— Aparatul este uşor de supravegheat şi lucrările de întreţinere sînt simple şi se fac la o perioadă mare.

— Economicitatea exploatării este ridicată prin faptul că nu necesită un panou de semnalizare cu becuri, baterii speciale de acumulatoare etc.

— Instalaţia este uşor reproductibilă, avînd o schemă simplă şi necesitînd un consum minimal de materiale din import (capetele de magnetofon).

— La punctul de recepţie nu este necesară nici o instalaţie specială de recepţie în afara telefonului, TELEMAG fiind format dintr-un singur element : emiţătorul. Astfel, este posibil să se mărească practic nelimitat numărul obiectivelor telesemnalizate la un punct, la punctul de recepţie respectiv nefiind necesară executarea vreunei lucrări. (Dacă telesemnalizarea pe o schemă optimă — mnemoschemă — este totuşi necesară, la punctul de recepţie se poate realiza o memorie, care să fie comandată prin impulsuri, transmise tot prin TELEMAG).

— Prin combinaţie cu o centrală de apel de avarie se poate primi automat în caz de avarie o semnalizare din punctul telesemnalizat. Dispecerul primeşte în acest caz un apel telefonic de la TELEMAG, care este instalat în punctul avariat, şi prin ascultarea telefonică a textului primeşte situaţia elementelor din punctul respectiv.

— Cu ajutorul unei centrale de apel BC, telesemnalizarea de avarie se poate transmite automat în orice punct prevăzut cu telefon. Astfel, se poate realiza ca telesemnalizarea să se facă la domiciliu sau la orice post telefonic din oraş.

— Aparatul este construit pe bază de tranzistori. Datorită acestui fapt, amplificatorul are un răspuns practic instantaneu şi o durată de viaţă nelimitată.

— TELEMAG este racordat la sursa de alimentare doar pe timpul cît se transmite telesemnalizarea, fiind pus în funcţiune de către semnalul de apel telefonic. După transmiterea textului, alimentarea se deconectează automat rămînînd în această stare pînă la primirea unui nou apel.

Principiul de funcţionare

În principiu, instalaţia se compune dintr-un magnetofon cu banda în circuit închis, prevăzut cu un dispozitiv de comutare rotativ, a cărui rotaţie este sincronizată cu mişcarea benzii. Banda folosită este de tip perforat, ca aceea folosită în înregistrările sonore pentru cinematografie.

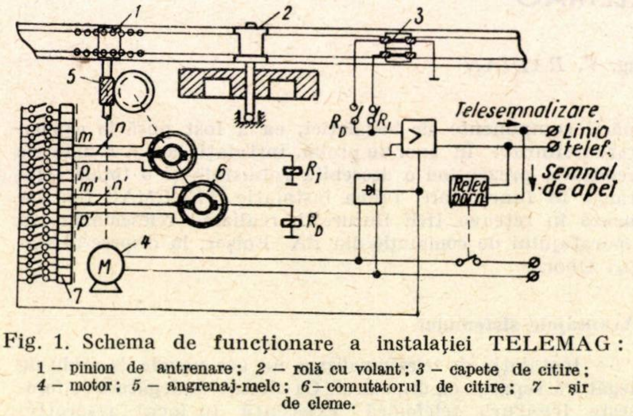


Fig. 1. Schema de funcţionare a instalaţiei TELEMAG :
1 – pinion de antrenare ; *2* – rolă cu volant ; *3* – capete de citire ; *4* – motor ; *5* – angrenaj-melc ; *6* – comutatorul de citire ; *7* – şir de cleme.

Deoarece în cele mai multe cazuri de telesemnalizare, din două posibilităţi se citeşte numai una (de exemplu la întreruptoare : deschis sau închis), la TELEMAG se foloseşte metoda citirii pe două jumătăţi de bandă, cu două capete de citire suprapuse ce funcţionează separat.

Pe jumătatea superioară a lăţimii benzii se înregistrează un fel de texte, de exemplu : întreruptorul *1* închis, întreruptorul *2* închis etc. Pe cealaltă jumătate textele, ,,deschis'' — în aceeaşi ordine.

Dispozitivul de comutare execută o rotaţie completă în timpul unui ciclu întreg al benzii şi este prevăzut cu 16 contacte (ploturi), egal cu numărul de texte imprimat pe bandă. Cînd banda trece de pe un text pe altul, cursorul dispozitivului de comutare trece şi el pe un plot nou.

Dispozitivul de comutare este format din două sisteme paralele, cuplate rigid mecanic, fiecare avînd cîte 16 contacte electrice.

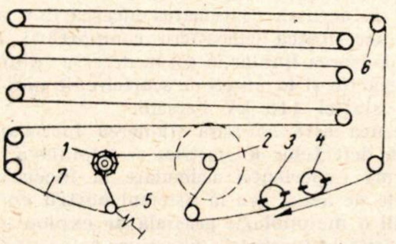


Fig. 2. Schema cinematică a benzii :
1 – pinion de antrenare ; *2* – rolă de uniformizare cu volant ; *3* – capete de citire (suprapuse) ; *4* – capete de ştergere (suprapuse) ; *5* – rolă de întindere ; *6* – rolă de ghidaj ; *7* – bandă.

Ploturile unuia dintre sisteme se racordează prin şirul de cleme al aparatului la bloc-contactele de ,,închis'' ale instalaţiei de semnalizat, iar cele ale celuilalt la bloc-contactele de ,,deschis'', în aceeaşi ordine ca textele de pe bandă.

Astfel, cînd cursoarele dispozitivelor de comutare se află pe o poziţie anumită, în faţa capetelor de redare trece porţiunea de bandă cu textele corespunzătoare întreruptorului la care sînt racordate ploturile respective.

Cele două sisteme de comutare acţionează cîte un releu, care închide circuitul unuia dintre capetele de redare, bobinajul releului primind tensiune de acţionare prin cursorul dispozitivului de comutare, prin ploturi, de la bloc-contacte.

Dacă bloc-contactul este găsit închis, releul se atrage şi capul de redare citeşte textul de pe bandă. Astfel, de pe bandă se citeşte doar unul din texte, bloc-contactul de pe pista pereche fiind deconectat (nu pot fi închise simultan contactele de semnalizare de ,,deschis'' şi ,,închis'').

În acest fel se enunţă consecutiv întreaga schemă a instalaţiei.

Primul text este de obicei un text de prezentare, prin care se enunţă denumirea instalaţiei de unde se face semnalizarea. Ultimul text poate fi un anunţ de semnalizare obişnuit, sau un text de forma : ,,Transmis schema integral'', pentru a avertiza că s-a citit banda pînă la capăt.

Exemplu de text transmis de la un punct de alimentare ;

TELEMAG transmite schema punctului de alimentare nr. 101 : ,,Întreruptor fider *1* conectat — întreruptor fider *2* declanşat — lucrat AAR pe fider *1* — întreruptor transformator 30 kV conectat — flotor nivel ulei scăzut — întreruptor bare 5 kV conectat — tensiune acumulator normală — presiune compresor scăzută — temperatura ulei normală — întreruptor cablu *1* conectat — întreruptor cablu *2* declanşat — întreruptor linie *1* declanşat — lucrat RAR pe linia *1* — apă infiltrată în post — transmis textul integral''.

În scopul unei enunţări mai uşor de urmărit, înregistrările poziţiilor ,,declanşat'' şi cele care reprezintă situaţii de avarie se fac cu o voce cu timbru diferit de cel al textelor corespunzătoare situaţiei normale. De exemplu, dacă textele de situaţie normală s-au înregistrat cu o voce bărbat gravă, cele de avarie se pot înregistra cu o voce feminină.

În cazul că textul nu a fost reţinut sau urmărit atent de către dispecer, fiind necesară o reascultare, la un apel telefonic, instalaţia repetă citirea textului, oprindu-se automat şi deconectîndu-se de la reţea la terminarea ciclului.

Magnetofonul este prevăzut cu posibilitatea ştergerii şi înregistrării de noi texte, pentru cazul schimbării locului de aplicaţie a instalaţiei. În acest scop, sînt prevăzute două capete de ştergere şi un oscilator pentru ştergere şi premagnetizare, care se ataşează aparatului printr-un conector (fig. 3).

Instalațiile TELEMAG în exploatare servind numai pentru redare, este suficient un singur oscilator pentru deservirea tuturor aparatelor dintr-un sistem, noi înregistrări făcîndu-se în perioade foarte mari, cînd se schimbă locul de aplicație a aparatului.

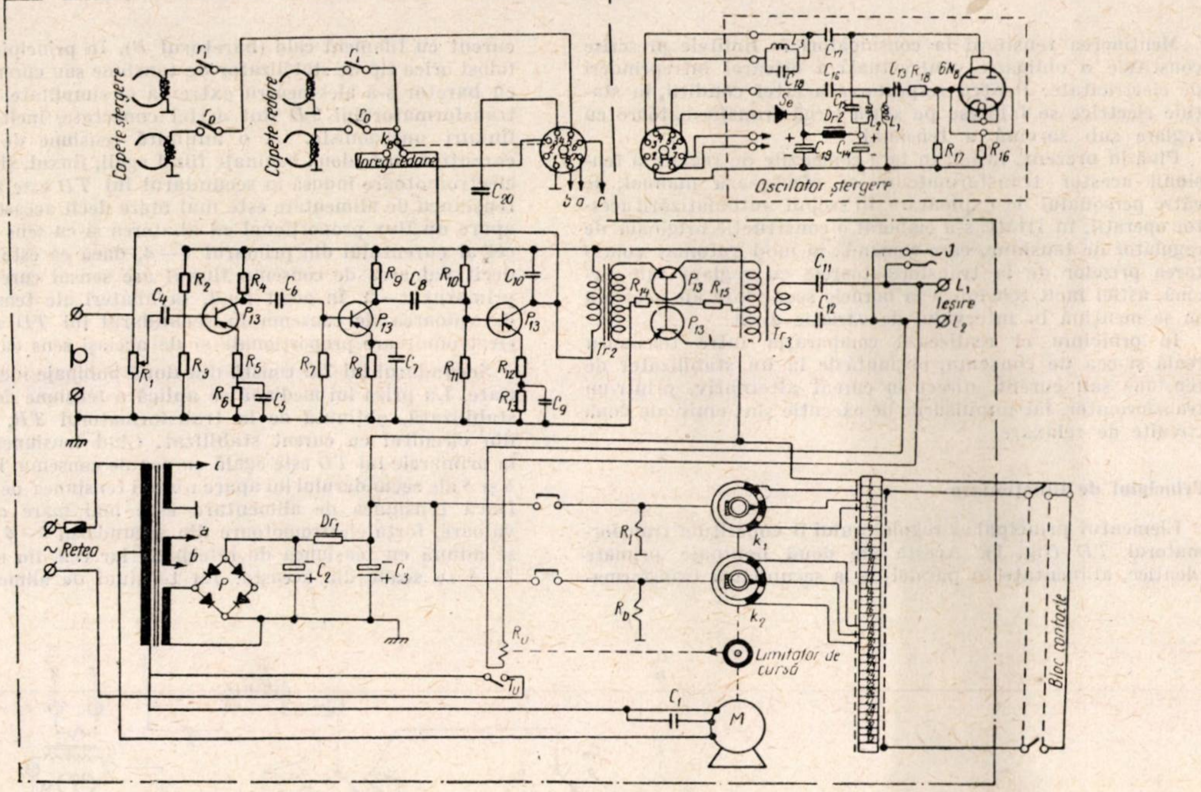

Capete ștergere
Capete redare
r1
r0
k
Înreg./redare
C20
b a c
L3
C17
C16
C18
C13
R18
6N8
Se
Dr2
C15
L1
C19
C14
R17
R16
Oscilator ștergere
R2
R4
C6
R9
C8
R10
C10
C4
P13
R1
R3
R5
R6
C5
R7
R8
C7
R11
R12
R13
C9
Tr2
R14
R15
Tr3
C11
C12
J
L1
Ieșire
L2
~Rețea
a
b
c
Dr1
C2
C3
P
R1
k1
RD
k2
RU
TU
Limitator de cursă
C1
M
Bloc contacte

Fig. 3.

Prototipul aparatului permite înregistrarea de 2 × 16 texte, în care caz durata de citire a unui enunț complet este de un minut. Timpul de enunțare poate fi redus în funcție de viteza de citire aleasă.

De asemenea, mărirea numărului de elemente dintr-un ciclu este ușor posibilă, aceasta neatrăgînd după sine o complicație de principiu a aparatului.

Sistemul de apel

Pentru a putea primi din partea aparatului un apel automat în caz de avarie în punctul unde este instalat TELEMAG, este necesară folosirea unui automat de apel. Automatul este pus în funcție de un contact de avarie realizat în punctul respectiv și trimite un apel pe linie dispecerului.

Automatul de apel se poate executa pentru două variante :

1. Pentru telefoane BL, în care caz acesta trimite un semnal de apel timp de 10—20 s pe linia telefonică, care face să cadă anunciatorul liniei respective în centrala telefonică a dispecerului. În caz că este o avarie generală și anunță simultan mai multe instalații, dispecerul are posibilitatea să le asculte pe rînd, punerea în funcție a instalațiilor făcîndu-se prin apel de la centrală.

2. Pentru legături prin telefoane automate BC se utilizează un automat care permite să se apeleze un post cu indicativul format dintr-un număr de 1—6 cifre. Astfel, semnalizarea de avarie se poate primi la orice post telefonic pentru care a fost prereglat automatul de apel.

Printr-o dezvoltare ulterioară, pe principiul aparatului se pot realiza și instalații de telemăsură și alte tipuri de instalații similare ca avantaje tehnico-economice.

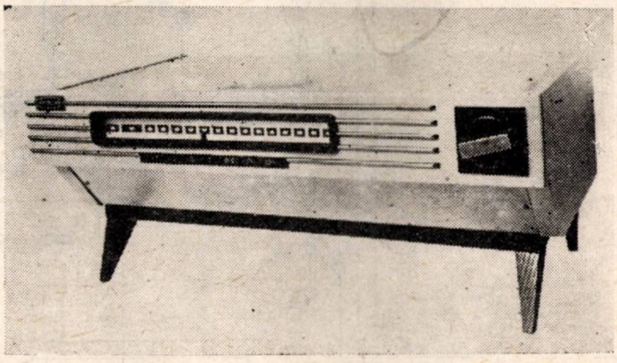


Fig. 4.

Regulator automat de tensiune pentru transformatoarele cu reglaj sub sarcină

Ing. *L. VAISMAN*

Menţinerea tensiunii la consumatori în limitele prescrise constituie o obligaţie contractuală a oricărei întreprinderi de electricitate. Pentru respectarea acestei condiţii, în staţiile electrice se folosesc pe scară largă transformatoare cu reglare sub sarcină a tensiunii.

Pînă în prezent, la noi în ţară comenzile de reglare a tensiunii acestor transformatoare se efectuează manual, de către personalul de exploatare. În scopul automatizării acestor operaţii, în IRME s-a elaborat o construcţie originală de regulator de tensiune, care comandă în mod automat comutarea prizelor de la transformatoarele cu reglare sub sarcină, astfel încît tensiunea la bornele secundare ale acestora să se menţină în intervalul de variaţie dorit.

În principiu el realizează comparaţia între tensiunea reală şi cea de consemn, obţinută de la un stabilizator de tensiune sau curent, direct în curent alternativ, printr-un transformator, iar impulsurile de execuţie sînt emise de două circuite de relaxare.

Principiul de funcţionare

Elementul principal al regulatorului îl constituie transformatorul *TD* (fig. 1). Acesta are două bobinaje primare identice, alimentate în paralel de la secundarul transformatorului de reţea *TA*. Curentul în bobinajul *3—4* al lui *TD* variază direct proporţional cu tensiunea de alimentare, deoarece circuitul nu conţine decît elemente liniare. Curentul din bobinajul *1—2* este menţinut constant chiar la variaţii largi ale tensiunii de alimentare, de către un stabilizator de curent cu filament cald (baretorul *B*). În principiu se poate folosi orice tip de stabilizator de tensiune sau curent; soluţia cu baretor s-a ales pentru extrema ei simplitate. Primarele transformatorului *TD* sînt astfel conectate, încît să creeze fluxuri antagoniste. La o anumită tensiune de consemn, curenţii în cele două bobinaje fiind egali, fluxul, şi deci forţa electromotoare indusă în secundarul lui *TD* este zero. Dacă tensiunea de alimentare este mai mare decît această valoare, apare un flux proporţional cu abaterea şi cu sens identic cu cel al curentului din primarul *3—4*, dacă ea este mai mică decît valoarea de consemn fluxul are sensul curentului din primarul *1—2*. În acest mod, la abateri ale tensiunii faţă de valoarea de consemn în secundarul lui *TD* apar forţe electromotoare proporţionale şi de acelaşi sens cu abaterea.

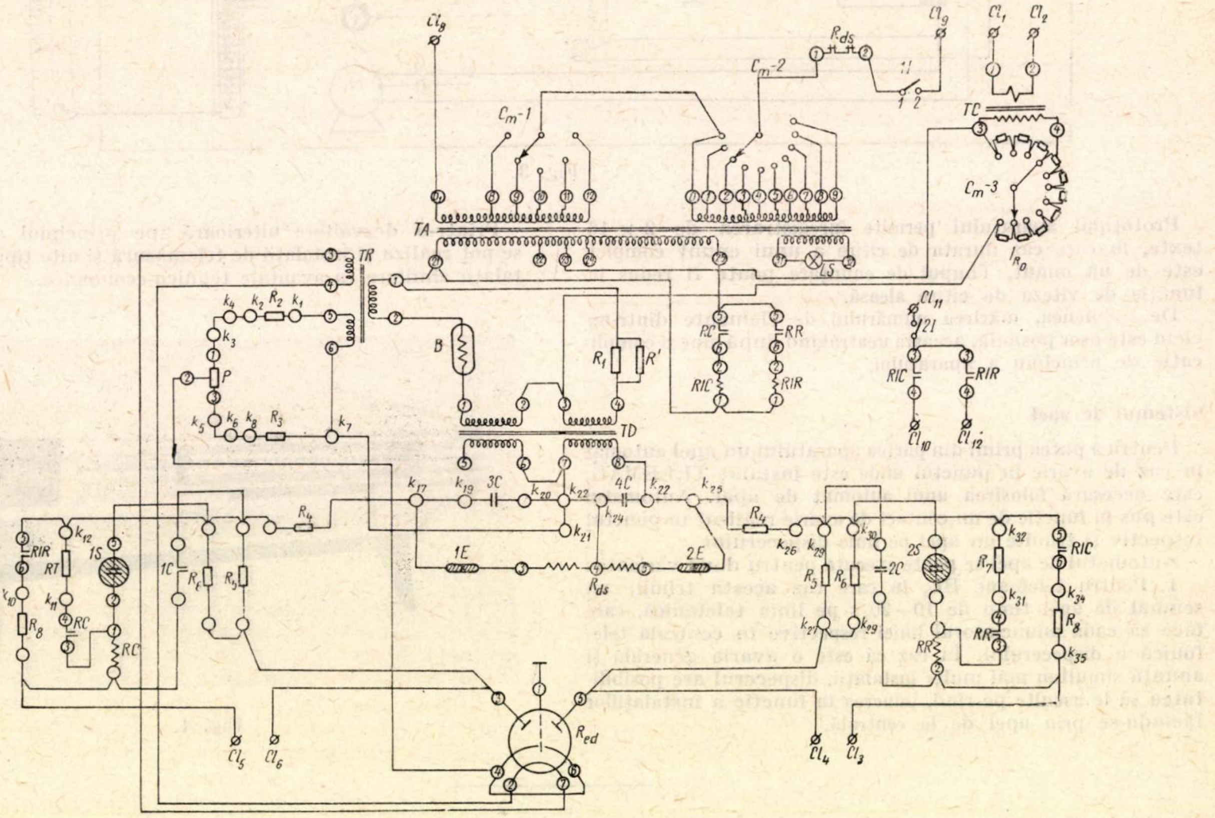


Fig. 1.

Secundarul lui *TD* constă din două bobinaje identice înseriate. La priza lui mediană se aplică o tensiune de referinţă stabilizată, obţinută de la transformatorul *TR*, alimentat din circuitul cu curent stabilizat. Cînd tensiunea aplicată la primarele lui *TD* este egală cu cea de consemn, la capetele *5* şi *8* ale secundarului lui apare numai tensiunea de referinţă. Dacă tensiunea de alimentare este mai mare ca această valoare, forţa electromotoare din secundarul *5—6* al lui *TD* se adună cu tensiunea de referinţă, iar cea din secundarul *7—8* se scade din aceasta. La tensiuni de alimentare sub această valoare, tensiunea de referinţă se adună cu forţa electromotoare din secundarul *7—8*, iar cea din *5—6* se scade din ea.

Ca un rezultat, tensiunea obţinută la capătul *5* al secundarului *TD* creşte la creşteri ale tensiunii de alimentare, proporţional cu abaterea, iar cea de la capătul *8* al secundarului *T* creşte la scăderi ale tensiunii de alimentare.

La cele două capete ale secundarului lui *TD* se racordează cîte un circuit identic, constînd dintr-o rezistenţă de încărcare (R_4), un condensator (1*C* sau 2*C*) şi o diodă redresoare (Red. *5—8* sau *3—4*). În paralel cu condensatorul este legat un tub cu neon de tip stabilovolt înseriat cu un releu telefonic.

Tensiunea de la secundarul respectiv al lui *TD* încarcă cu constanta de timp R_4C condensatorul. Cînd tensiunea acestuia atinge valoarea de aprindere a tubului cu neon, condensatorul se descarcă prin tub pe releu şi provoacă acţionarea lui în impuls. Prin intermediul unui releu cu contacte puternice, el comandă comutarea corespunzătoare a prizei transformatorului de forţă.

Astfel, la creşterea tensiunii peste valoarea de consemn acţionează releul *RC* respectiv *RIC*, care comandă coborîrea ei, iar la scăderi ale tensiunii — releele *RR* şi *RIR*, care comandă ridicarea tensiunii.

Pentru a evita acţionarea continuă a releelor în cazurile în care comutatorul de prize al transformatorului atinge valorile extreme ale domeniului de reglaj, ele sînt deconectate de la condensatoarele respective prin deschiderea unor contacte de fine de cursă ale comutatorului, legate la clemele *3—4* şi *5—6*.

Cu cît tensiunea de referinţă este mai mică, cu atît mai mari trebuie să fie abaterile tensiunii de alimentare pentru ca să se atingă aprinderea tuburilor cu neon. Deci prin modificarea poziţiei cursorului potenţiometrului *P* se obţine uşor reglarea sensibilităţii regulatorului.

Tensiunea de consemn a regulatorului se stabileşte cu ajutorul prizelor din primarul lui *TA*, realizate în formă de decade (prima pentru zeci de volţi, a doua pentru unităţi).

În regulator este prevăzut un transformator de compundare *TC*, al cărui primar se racordează la un reductor de curent. Tensiunea lui secundară se aplică pe o rezistenţă R_0, înseriată în circuitul de alimentare a primarelor lui *TD*. Dacă se aleg corect polarităţile, *TC* poate crea o cădere de tensiune suplimentară pe rezistenţa R_0, proporţională cu curentul care trece prin primarul lui. Ca urmare tensiunea de consemn a regulatorului este mărită proporţional cu curentul şi el nu mai menţine o tensiune constantă (astatic), ci una care creşte o dată cu sarcina transformatorului sau a unei linii de plecare, astfel încît să se compenseze căderile de tensiune în reţea.

Pentru a evita supratensionări şi comenzi false la întreruperea unuia dintre circuitele primare ale lui *TD*, s-a prevăzut un releu de semnalizare *RdS*, conectat prin intermediul a două eclatoare telefonice şi care în asemenea situaţii acţionează şi întrerupe alimentarea regulatorului.

Prezenţa tensiunii la regulator este indicată printr-un bec; sînt prevăzute întreruptoare pentru tensiunea de alimentare şi cea de comandă a regulatorului.

Avantajele regulatorului de tensiune

Tipul de regulator automat de tensiune pentru transformatoare descris prezintă însemnate avantaje faţă de construcţiile similare străine.

El este realizat din elemente simple, stabile, practic fără uzură în timp, din tipurile larg folosite şi verificate în tehnică. Tuburile cu neon, funcţionînd rar în regim de impuls, şi stabilizatorul de curent, pe care se aplică valoarea minimă a tensiunii de stabilizare şi variaţii reduse de tensiune, au o durată de viaţă practic nelimitată. De altfel, principial acesta din urmă poate fi înlocuit printr-o variantă statică, ca de pildă un stabilizator ferorezonant.

Singurele elemente supuse uzurii din regulator — contactele releelor — sînt indispensabile la actuala construcţie a comutatoarelor de prize de la transformatoare şi funcţionează cu aceeaşi frecvenţă cu acestea.

Prototipul regulatorului descris a fost verificat în exploatare de durată într-o staţie de transformare.

Date tehnice

— Tensiunea de consemn	80—129 V, reglabilă în trepte de 1 V
— Sensibilitatea	2—6,5%, reglabilă continuu
— Compundarea	0—10% (la curent de 5 A), reglabilă în trepte de 1%
— Consumul : de la circ. tens.	circa 35 VA
de la circ. curent	circa 5 VA
— Contactele de comandă	220 V c.c. 1 A
— Impulsul de comandă	0,1 s
— Precizia	circa 1 %
— Rigiditatea izolaţiei	2000 V c.a.
— Stabilitatea circuitului de curent	100, A, 1,5 s
— Tuburile electronice	1 × 6 X6, 2 × SG-2
— Becul de semnalizare	6 V, 0,3 A
— Gabarite, mm (RATT montat pe perete vertical)	înălţimea = 450 lăţimea = 280 adîncimea = 210.

Unele aspecte privind supraîncărcarea turbinelor cu abur

Ing. *T. ILIESCU* şi ing. *F. SCHLOTTER*

Mersul înainte al economiei naţionale, după cum se arată în documentele celui de-al III-lea Congres al P.M.R., este condiţionat de creşterea corespunzătare a bazei energetice.

Dezvoltarea în ritm susţinut a economiei naţionale, introducerea pe scară largă a energiei electrice în toate ramurile cer o creştere însemnată a producţiei de energie electrică, care va trebui să ajungă în 1965 la 18,5 miliarde kWh, adică la un nivel de 2,7 ori faţă de 1959.

Această creştere de producţie, pe lîngă lărgirea bazei energetice prin investiţii, se poate obţine şi pe calea măririi capacităţii puterilor instalate, pe calea supraîncărcării turboagregatelor din centralele electrice, mărindu-le astfel puterea faţă de cea garantată de fabrica constructoare. Aceasta are un rol deosebit de important în faza actuală, cînd din analiza posibilităţilor de acoperire a vîrfului de sarcină din sistem rezultă o situaţie grea, datorită creşterii impetuoase a consumului de energie electrică.

Problema supraîncărcării grupurilor prezintă dificultăţi tehnice serioase, dar pentru economia ţării rezultă avantaje deosebite, prin faptul că se poate obţine o putere suplimentară în sistem fără investiţii în centrale noi.

Rezolvarea problemei supraîncărcării este legată de o analiză complexă a tuturor instalaţiilor pentru producerea energiei şi de funcţionarea sigură a întregii centrale.

Aspecte teoretice privind supraîncărcabilitatea unor tipuri de turbine

Pentru a putea arăta unele rezultate privind încercările de supraîncărcare a unor turbine, este necesară enunţarea atît a principalelor probleme şi fenomene care intervin la suprasarcină în cazul unor turbine cunoscute cît şi a unor linii de cercetare care se întreprind în acest domeniu.

Astfel se poate spune că partea de scurgere a turbinelor cu abur este dimensionată constructiv de fabricile constructoare, ţinînd seamă de ciclul termodinamic al maşinii, de considerente aerodinamice cît şi de rezistenţă, pentru ca să asigure puterea nominală garantată de fabrică la parametrii nominali.

Analizînd normele tehnice ale unor fabrici constructoare de turbine, se poate constata o anumită rezervă la dimensionarea părţii de scurgere, cu scopul asigurării puterii nominale numai în condiţii de parametri nominali ai aburului şi apei de răcire cît şi la anumite abateri faţă de aceştia. Astfel normele U.R.S.S., prin GOST — 3618-58, arată că puterea nominală a turbinei este determinată ca putere care se poate obţine timp îndelungat la bornele generatorului.

Puterea nominală, însă, trebuie asigurată la o abatere considerabilă a parametrilor turbinelor de la valoarea lor nominală (în fiecare caz, însă, prin menţinerea constantă a celorlalţi parametri).

Aceste abateri admise de GOST sînt următoarele:

Pentru presiunea nominală la intrare, ata		35	90	130
Mărimea abaterii	la presiune	±10 %	±5,5 %	±4,0 %
	la temperatură	±2 %	−2 % +1 %	−2 % +1 %

Temperatura nominală a apei de răcire pentru turbinele cu condensaţie fără prize reglabile este considerată +10—+15°C, iar pentru turbinele cu prize reglabile avînd puterea pînă la 25 MW — de +20°C.

Pentru toate turbinele puterea nominală trebuie păstrată pînă la o temperatură a apei de răcire de +33°C în ipoteza menţinerii celorlalţi parametri la valori nominale.

La fel se poate arăta că şi vechile norme CNS 1011—1935 cît şi normele CSN 080020 au prescris uzinelor constructoare ca dimensionarea părţii de scurgere a turbinelor de abur să se facă cu o toleranţă de circa +7 % în raport cu cea corespunzătoare condiţiilor de funcţionare la parametrii nominali.

Pornind de la aceste toleranţe, s-a ajuns la ideea existenţei unei posibilităţi de supraîncărcare a turbinelor peste sarcina nominală, prin admisia unei cantităţi mărite de abur în turbină şi menţinerea parametrilor la intrare şi a temperaturii apei de răcire la valori nominale constante.

Probe de suprasarcină

Mergînd pe ideea necesităţii de putere în sistemul energetic cu scopul de a acoperi vîrful de sarcină şi totodată existenţa unei rezerve în agregate, s-a iniţiat acţiunea care a condus la creşterea puterii disponibile a grupurilor de construcţie sovietică din centralele Paroşeni, Fîntînele, Borzeşti, Comăneşti, Ovidiu şi Brazi.

Această acţiune a fost posibilă:

— prin schimbul de informaţii purtat în acest sens cu constructorii unor tipuri de turbine;

— prin însuşirea cunoştinţelor de specialitate cu privire la partea teoretică a acestei probleme;

— prin consultarea literaturii de specialitate, care atinge tangenţial unele probleme ridicate de mărirea puterii grupurilor energetice.

Examinînd în detaliu posibilitatea de aplicare a ideilor privind supradimensionarea părţii de scurgere la unele tipuri de turbine, putîndu-se atinge puteri nominale şi cu abaterile faţă de GOST în limitele arătate, s-au analizat principalele centrale termoelectrice cu utilaj de construcţie sovietic, constatîndu-se, în ceea ce priveşte supraîncărcabilitatea, următoarele:

— în general există rezerve în agregatele auxiliare care intervin în procesul de producţie, cum sînt: instalaţiile de răcire, instalaţiile de alimentare cu combustibil-apă, instalaţiile electrice interioare etc.;

— ceea ce a limitat puterea maximă a centralelor a fost puterea nominală a turboagregatelor stabilită de firmele constructoare.

Faţă de acestea, în parte cu acordul fabricilor constructoare, s-a stabilit un program de măsurători pregătitoare pentru stabilirea posibilităţii reale a fiecărui turboagregat în parte.

Turbinele la care s-au executat probele cu avizul fabricilor constructoare au fost de tipul: VK-50-1; VK-25-1; VPT-25-3; VPT-50-3; DK-120, iar fără avizul fabricii constructoare pe baza unor analize teoretice — tipul OK-120.

Probele de suprasarcină au fost executate cu ajutorul unor scheme de măsură minimală, urmărindu-se principalii parametri de funcţionare, ca: vidul în condensator cu coloana de mercur; temperatura apei de răcire la intrare şi ieşire din condensator; presiunea şi temperatura aburului la admisie; presiunea aburului în camerele ajutajelor cu aparatele industriale; debitul de abur admis în turbină; debitul de condensat evacuat din condensator; presiunea şi temperatura aburului la roata Curtis şi la treptele de control; temperatura lagărelor 1-2-3-4; temperatura la toate pastilele lagărului axial cu termocuple montate în pastile; deplasarea axială; poziţia relativă a rotorului faţă de stator; dilatarea carcasei; poziţia ventilelor de reglaj; vibraţia lagărelor; presiunea la pompa de condensat; nivelul apei în condensator; parametrii electrici (putere cu sistem doi wattmetri, curentul, temperatura la generator, temperatura înfăşurării etc.).

La toate agregatele, cu ocazia lucrărilor pregătitoare, s-au verificat: dispozitivul de declanşare manuală, automatul de declanşare prin saturaţie şi dispozitivul de declanşare la deplasare axială.

Probele au fost executate în modul următor:

— s-a funcţionat cu parametrii nominali la admisie, la sarcina nominală, timp de o oră, făcîndu-se citiri la interval de 10, respectiv 3 min;

— s-a încărcat cîte un MW la fiecare etapă de supraîncărcare, urmărindu-se parametrii continuu, pînă la atingerea regimului staţionar, la interval de 5, respectiv 10 min, pînă la atingerea unuia din parametrii care limitau continuarea supraîncărcării;

— la puterea limitată de unul din parametri, s-a funcţionat o perioadă de timp de patru ore cu regimul de citiri de 10, respectiv 3 min.

Probele au fost executate numai la acele grupuri care au îndeplinit condiţii normale de funcţionare în ceea ce priveşte circuitul de ulei, circuitul apei de răcire, schema termică, aparatajul de măsură, vibraţiile lagărelor, dilatări şi deplasări relative, regulatorul şi circuitele de reglaj, dispozitivele de protecţie şi semnalizare etc.

Parametrii cei mai importanţi au fost supravegheaţi permanent, şi anume: presiunile de control la trepte, temperatura pastilelor lagărului axial (efortul axial), vibraţia lagărului 1, deplasarea axială.

Controlul funcţionării lagărelor axiale s-a efectuat prin intermediul unor termocuple îngropate în segmenţii de lucru.

În corpul segmenţilor s-au amplasat termocuple din Fe-Const de 0,5 mm, prin intermediul unei bucşe din bronz, fixată în pastilă prin ştemuire, astfel ca elementul de măsură să fie la o distanţă de circa 2—3,5 mm de suprafaţa de lucru, în apropierea muchiei de ieşire a segmentului.

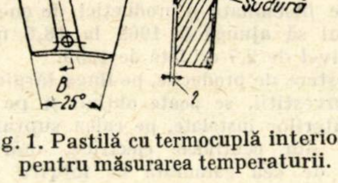


Fig. 1. Pastilă cu termocuplă interioară pentru măsurarea temperaturii.

Experienţe premergătoare pînă la folosirea acestei metode au arătat că variaţia încălzirii uleiului de la mers în gol la sarcină plină nu depăşeşte 1—2°C (o schimbare mică în raport cu modificarea efortului axial); în schimb încălzirea segmenţilor s-a modificat cu valori pînă la 10—15°C, lucru care nu a permis o verificare minuţioasă a schimbării efortului axial pe baza schimbării temperaturii uleiului, astfel fiind necesară măsurarea temperaturii pastilelor.

Vibraţiile au fost măsurate cu vibrometre electronice şi vibrometre mecanice înregistratoare, valorile vibraţiilor fiind limitate, conform P.E.T., la 0,05 mm.

Pentru o funcţionare corectă fără o eventuală pendulaţie a sistemului de reglaj, s-a limitat rotirea camelor cu 2° înainte de limita de rotire maximă, la sistemul de acţionare a ventilelor de reglaj.

Unele rezultate medii privind probele de supraîncărcare efectuate la turbinele sovietice sînt arătate în figurile 2 şi 3.

Astfel, în figura 2 este redată variaţia temperaturii pastilelor active şi inactive la turbina OK-120.

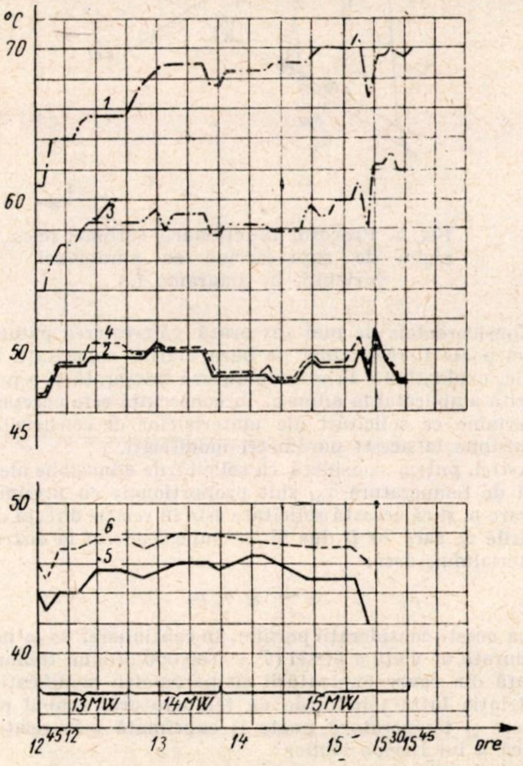


Fig. 2. Temperatura pastilelor la turbina OK-120 în timpul probelor de supraîncărcare.

Se observă o creştere a temperaturii pastilelor active cît şi o scădere slabă la pastilele inactive cu creşterea sarcinii.

La pastilele active diferenţa de circa 19° între pastilele *2—4* şi pastila *1* se poate explica prin formarea unei pene de ulei ca urmare a bătăii discului de sprijin cu sensul pozitiv la această pastilă.

Valorile maxime admise, de circa 70°, nu au fost depăşite, cu excepţia unui singur punct, care se consideră ca o eroare de măsurătoare.

În figura 3 se arată valorile presiunilor la trepte, condensator şi roata Curtis obţinute la aceeaşi turbină OK-120.

Astfel, pînă la atingerea puterii de 15 MW, nici unul dintre parametri nu a atins valorile maxime admise.

La aceste turbine s-au făcut şi probele de suprasarcină în condiţii de vid înrăutăţit pentru condiţiile de vară, puterea maximă atinsă fiind de 14,5 MW, fără să se depăşească parametrii limitatori.

S-au reconstruit diagramele de regim ale turbinelor pe baza valorilor obţinute la probe.

În figura 4 este arătată o astfel de diagramă de regim, modificată pentru o turbină VPT-25-3, aceasta fiind de mare utilitate centralelor pentru o corectă exploatare a turbinelor în regim de supraîncărcare.

Din probele de supraîncărcare la tipurile de turbine menţionate s-au obţinut valorile medii redate în tabela 1. Este de menţionat că nu toate turbinele identice s-au comportat în acelaşi fel şi nici valorile obţinute n-au fost identice.

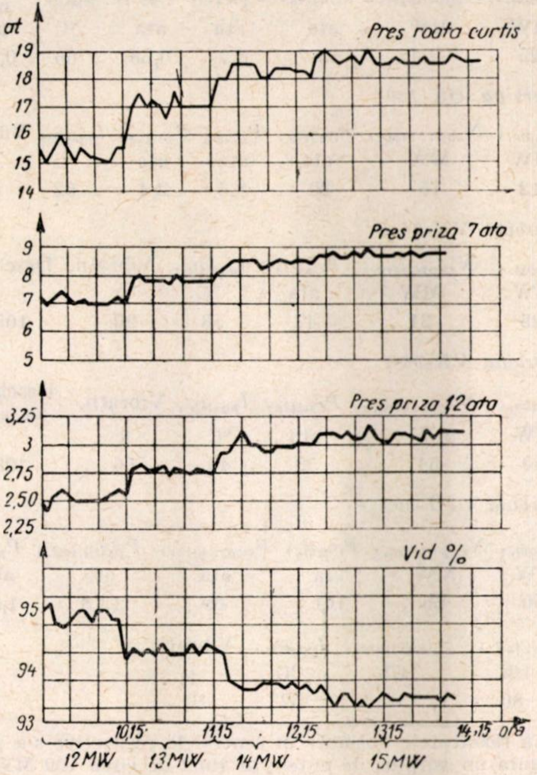


Fig. 3. Valorile presiunilor la trepte, condensator şi roata Curtis obţinute la turbina OK-120 în regim de suprasarcină.

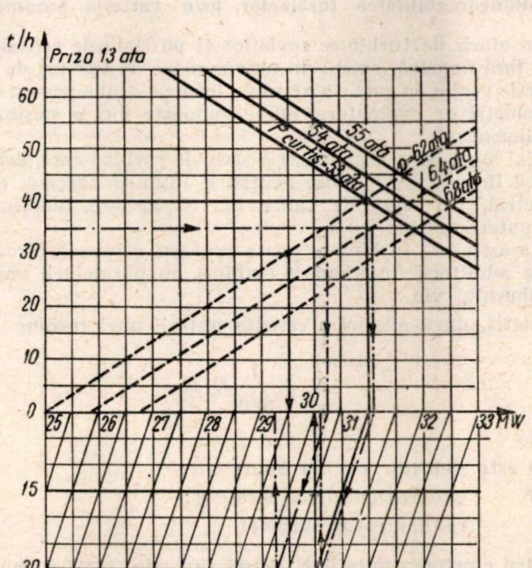


Fig. 4. Diagramă de regim modificată pentru supraîncărcare la o turbină VPT-25-3.

Tabela 1

Rezultate medii obținute în urma probelor de supraîncărcare

Turbina VPT-25-3

$N_{nom.}$,	$N_{suprasarc.}$,	P_{Curtis},	$P_{pr.III}$,	$P_{pr.I}$,	$t_{pastile}$,	Vibrații max.,
MW	MW	ata	ata	ata	°C	mm
25	32,4	53	5,7	0,68	66	0,015

Turbina OK-120

$N_{nom.}$,	$N_{suprasarc.}$,	P_{Curtis},	$P_{pr.7}$,	$P_{pr.1,2}$,	$t_{pastile}$,	Vibrații,
MW	MW	ata	ata	ata	°C	μ
12	15	20	8,5	2,4	62	5

Turbina VK-25-1

$N_{nom.}$,	$N_{suprasarc.}$,	P_{Curtis},	$t_{pastile}$,	Vibrații,	Desch. ax.
MW	MW	ata	°C	μ	
25	31	47	58	20	108

Turbina VK-50-1

$N_{nom.}$,	$N_{suprasarc.}$,	P_{Curtis},	$t_{pastile}$,	Vibrații,	Deschidere ax came
MW	MW	ata	⁰C	μ	
50	54	53	45	50	123

Turbina VPT-50

$N_{nom.}$,	$N_{suprasarc.}$,	P_{Curtis},	$P_{suprasarc.}$,	$P_{priză\,ind.}$,	$P_{pt.\,term}$
MW	MW	ata	ata	ata	ata
50	65	101	69	13,8	1,39

$D_{pr.\,ind.}$,	$D_{pr.\,termof.}$,	$t_{pastile}$,	Vibrații,
t/h	t/h	°C	μ
80	10	52	10

Cu rezultatele obținute în centralele respective s-a putut asigura un surplus de putere în 1962 de circa 109 MW, rămînînd ca anumite măsuri tehnice să poată duce la mărirea acestei puteri suplimentare pînă la circa 130—140 MW la sfîrșitul anului 1963.

Supraîncărcabilitatea turbinelor prin variația parametrilor

În afară de turbinele sovietice și parțial cele cehoslovace din țara noastră, există un număr mare de turbine de construcție veche, la care, în afară de formele geometrice și cîțiva parametri de exploatare, nu se cunoaște nici o posibilitate suplimentară.

Mai mult, se pot enumera o serie de turbine care, conform plăcii firmei, sînt admise pentru o anumită sarcină, dar în practică, din anumite cauze de exploatare, funcționează cu puteri reduse.

La astfel de turbine se poate concepe o supraîncărcare pe baza admiterii funcționării turbinei cu parametrii variabili ai aburului viu.

Astfel, dacă analizăm ecuația puterii unei turbine

$$N = \frac{1}{860} D \cdot H,$$

unde

D este debitul orar de abur, t/h;
H — căderea entalpică, kcal/kg;
η — randamentul turbinei,

pentru creșterea puterii N există sau calea măririi debitului D, sau cea a măririi căderii H.

Deoarece mărirea lui H este limitată constructiv, se poate concepe o creștere a puterii numai prin creșterea debitului.

Să admitem o creștere a presiunii de intrare de la presiunea p_{1b} la p_{1a}, ridicînd prin aceasta capacitatea de trecere și micșorînd volumele specifice de la v_{1b} la v_{1a}, dar pentru menținerea solicitărilor în timp în limitele admisibile presupunem o scădere a temperaturii de la t_{1b} la t_{1a}.

Prin aceasta, căderea entalpică nu se va schimba mult, turbina putînd fi însă încărcată din punctul de vedere al debitului, existînd o capacitate de trecere a aburului prin turbină mărită.

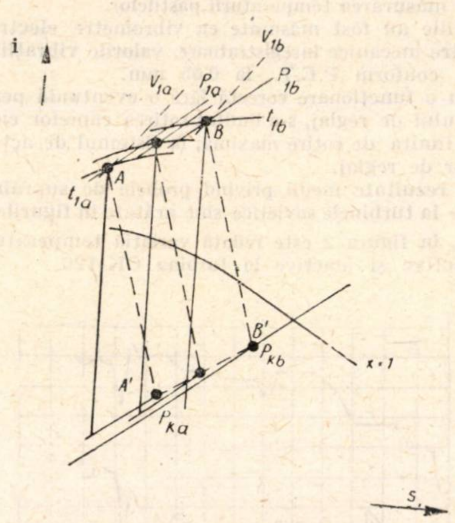


Fig. 5. Procesul funcționării turbinei în regim de suprasarcină cu parametrii variabili, în diagrama *i.s.*

Considerentele de mai sus arată că creșterea puterii turbinei poate fi realizabilă pe baza măririi capacității de admisie, exploatînd-o la o temperatură micșorată și o presiune mărită a aburului la admise. În consecință este necesar să se determine ce solicitări ale materialelor de construcție sînt admisibile la acești parametri modificați.

Astfel, putem considera că solicitările admisibile ale piesei față de temperatură τ_{at} sînt proporționale cu presiunea de intrare p_1 și că această solicitare este în relație directă cu solicitările τ_t, care ar fi dus în timpul considerat la distrugerea materialului, deci:

$$\tau_t \sim \tau_{at} \sim p_1 \qquad (2)$$

La aceste considerații pornim, în continuare, de la premisa că durata de viață a piesei (T = 100 000 ore) nu trebuie micșorată din cauza exploatării cu parametrii modificați.

Relația între solicitările de temperatură, timpul pînă la rupere și temperatură poate fi exprimată prin relația empirică a lui Larson-Müller:

$$t = f\,[t\,(C + \log T)], \qquad (3)$$

unde:

t este temperatura absolută;
C — constanta metalului = 20 pentru diferite metale termorezistente;
T — durata de viață a piesei supuse analizei.

Această relație parametrică a lui Larson-Müller permite pentru fiecare solicitare, pe baza cunoașterii unor puncte experimentale ale materialului, determinarea unei temperaturi echivalente și timpul pînă la distugere, în ipoteza că variațiile structurale nu sînt cu mult schimbate la temperatura echivalentă față de timpul de funcționare mai îndelungat în condițiile de temperatură date.

În figura 6 este redată ilustrativ relația parametrică pentru oțelul OL-20, care permite obținerea temperaturii t_{1a} noi în condițiile de supraîncărcare cu parametrii variabili de la p_{1b} la p_{1a}, menținînd timpul dat pînă la distrugere (T = 100 000 ore).

Astfel, dacă considerăm o supraîncărcare de 10% la o turbină, ceea ce în mod grosolan va cere mărirea presiunii cu circa 10%, este necesară o schimbare a temperaturii, în sensul scăderii cu o valoare corespunzătoare.

Să considerăm o turbină la parametrii nominali, t_0 = = 400°C; 20 ata și N = 20 MW, piesele supuse analizei fiind confecționate din OL-20.

Pe baza graficului parametric al lui Larson-Müller pentru acest oţel, în timpul de funcţionare egal ($T = 100\,000$ ore), în ambele condiţii se poate determina solicitarea pieselor respective ($\tau_b = 17$ kg/mm²) în regimul nominal.

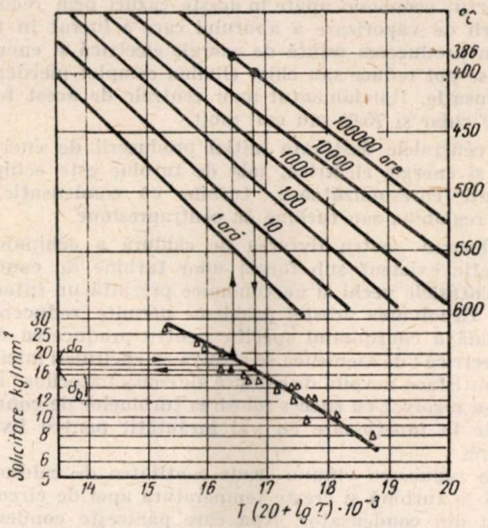


Fig. 6. Graficul funcţiei parametrice pentru oţelul OL-20

Admiţînd o supraîncărcare cu 20% pentru $T = 100\,000$ ore, se stabileşte o suprasolicitare pînă la $\tau_a = 19$ kg/mm², ceea ce necesită şi o scădere a temperaturii pînă la $t_0 = 386°$, şi deci menţinerea egalităţii solicitărilor îndelungate.

Pe baza relaţiilor anterioare, cunoscînd debitele noi, se pot stabili presiunile pe trepte şi căderile adiabatice, efectuîndu-se anumite verificări de rezistenţă.

Factorul cel mai important care limitează debitul de abur este valoarea presiunii la treapta de reglaj.

Presiunea aburului în acest loc, împreună cu temperatura, determină mărimea solicitării mecanice a carcasei, a îmbinărilor cu flanşe eventual ale celorlalte elemente din acest spaţiu.

În afară de aceşti factori, un element important este creşterea efortului axial determinat de creşterea presiunilor şi, cu aceasta, încărcarea lagărului axial.

Deci, în cazul obţinerii unei capacităţi de admisie mărite pe baza funcţionării cu parametrii variabili la admisie, trebuie avută în vedere schimbarea eforturilor la toate elementele turbinei, efectuîndu-se verificarea matematică a acestor elemente.

Este evident că la suprasolicitări mai însemnate este necesară o dimensionare corespunzătoare a tuturor părţilor care transmit puterea, eventual căderea de presiune majorată.

Uneori este nevoie de întărirea elementelor, eventual schimbarea unor piese, care însă nu influenţează în mod substanţial construcţiile şi dimensiunile turbinei cu abur în ansamblu, avînd doar o influenţă neglijabilă asupra preţului ei, deoarece puterea obţinută suplimentar amortizează rapid eventualele cheltuieli efectuate.

În viitor se vor efectua probe de supraîncărcare prin metoda parametrilor variabili la unele centrale, unde toate elementele centralei permit acest lucru fără schimbări substanţiale.

Concluzii

Analizînd normele de proiectare ale unor fabrici constructoare de turbine din punctul de vedere al dimensionării, s-a ajuns la concluzia că în cazul funcţionării cu parametrii nominali se poate admite o supraîncărcare a acestor turbine fără a le expune pericolului de suprasolicitare.

Principalele elemente care sînt supuse unei eventuale suprasolicitări sînt paletajul, diafragmele, corpul în zona treptei de reglaj şi lagărul axial. Printr-o verificare minuţioasă, pe baza unor analize metalografice şi de rezistenţă a materialelor din care sînt confecţionate, în anumite cazuri acestea pot fi supuse la suprasarcină.

Probele de suprasarcină executate la o serie de turbine de construcţie sovietică au arătat că se poate obţine o supraîncărcare a turbinelor fără a le supune la pericol din punctul de vedere al exploatării.

Bibliografie

[1] Samoilovici, G. S. şi Troianovski, B. M. *Regimul variabil de funcţionare a turbinelor cu abur.* Gosenergoizdat, 1955.

[2] Morozov S. G. *Calculul termic al turbinelor cu abur în regim variabil.* Maşghiz, 1962.

[3] Krikuncik, A B. *Puterea nominală şi maxim admisibilă a turbinelor cu abur şi generatoarelor aferente.* În : Elektriceskie stanţii nr. 9/1961.

[4] Levin, A. V. şi Spiridonov, K. A. *Despre supraîncărcarea turbinelor cu abur.* În : Elektriceskie stanţii nr. 10/1962.

[5] Kacer, Vl. *Posibilitatea de supraîncărcare a turbinelor cu abur.* În : Energetika nr. 2/1962.

Cercetări în problema funcţionării turbinelor de condensaţie în regim de vid înrăutăţit

Ing. *T. ILIESCU* şi ing. *R. POPESCU*

I. Într-o centrală termoelectrică producţia de energie electrică se realizează printr-o serie de transformări succesive :

— transformarea energiei chimice a combustibilului în energie termică preluată şi transportată de agentul apă-abur ;

— transformarea energiei termice a vaporilor de apă în energie mecanică la arborele maşinii primare — turbina cu abur ;

— transformarea energiei mecanice a rotorului generatorului în energie electrică livrată de statorul generatorului.

Fiecare dintre aceste trei transformări se produce cu anumite pierderi. O parte din pierderi se datoreşte imperfecţiunii utilajului. Aceste pierderi se reduc prin perfecţionarea acestuia. O altă parte din pierderi — partea cea mai însemnată în centralele de condensaţie — se datoreşte specificului tehnologiei în acest tip de centrale, unde aburul evacuat din turbine trebuie condensat. În urma acestui proces de condensare, cantităţi mari de căldură sînt evacuate la un potenţial termic scăzut de către apa de răcire care circulă prin condensator.

În figura 1 este reprezentată schema termică de principiu a unei centrale de condensaţie.

Randamentul centralei rezultă ca produs al randamentelor parţiale :

$$\eta_{\text{centrală}} = \eta_{\text{ciclu}}\ \eta_i\ \eta_{\text{caz.}}\ \eta_{\text{cond.}}\ \eta_{\text{mec.}}\ \eta_{\text{gen.}}\ 100\,\%,$$

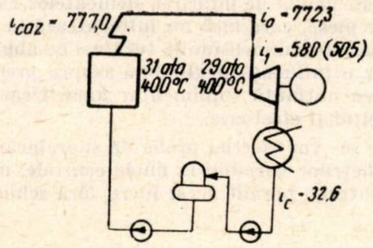


Fig. 1. Schema termică de principiu a unei centrale de condensaţie :

i_c – entalpia condensatului ; $i_{caz.}$ – entalpia aburului după supraîncălzitor ; i_0 – entalpia aburului la intrare în turbină ; i_f – entalpia aburului destins.

unde

η_{ciclu} este randamentul ciclului ;
η_i — randamentul intern al turbinei ;
$\eta_{caz.}$ — randamentul cazanului ;
$\eta_{cond.}$ — randamentul conductelor ;
$\eta_{mec.}$ — randamentul mecanic ;
$\eta_{gen.}$ — randamentul generatorului.

Pentru exemplificare, în cazul centralei de medie presiune examinate rezultă

$$\eta_{\text{centrală}} = 0{,}3615 \cdot 0{,}72 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}992 \cdot 0{,}985 \cdot 0{,}96 \cdot 100 = 20{,}05\,\%$$

Consumul specific de căldură, în cazul centralei date, admiţînd 4 % pierderile suplimentare legate de pierderile de apă-abur, va fi :

$$q = \frac{860}{20{,}05}\ 1{,}04 \cdot 100 = 4460 \text{ kcal/kWh}.$$

În figura 2 se reprezintă bilanţul energetic al unei centrale de condensaţie. Se indică repartiţia fluxului de căldură folosit pentru producerea unui kWh.

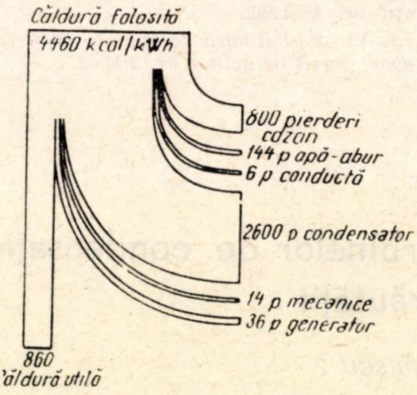


Fig. 2. Bilanţul energetic al unei centrale de condensaţie.

Pentru a reduce consumul specific al centralei trebuie acţionat în sensul măririi randamentului centralei. După cum s-a arătat, un factor hotărîtor este randamentul ciclului termic.

În cadrul unui ciclu de condensaţie pură, posibilităţile de îmbunătăţire a randamentului ciclului sînt relativ limitate şi au la baza lor tendinţa de a mări la maxim căderea termică disponibilă.

Cele mai mari economii de căldură se obţin prin folosirea în scopuri de încălzire a căldurii aburului destins parţial sau integral în turbină.

Un efect limitat îl are prelevarea de abur în scopul preîncălzirii regenerative a condensatului propriu.

Efectul economic apare în aceste cazuri prin recuperarea căldurii de vaporizare a aburului care a lucrat în turbină.

Prin producerea mixtă de energie electrică şi energie termică se pot reduce sau chiar elimina complet pierderile prin condensaţie. Randamentul unor centrale de acest fel poate atinge chiar şi 75 % sau mai mult.

În centralele destinate iniţial producerii de energie termică şi energie electrică, sala de turbine este echipată cu agregate corespunzătoare, turbine cu condensaţie, avînd prize reglabile, sau turbine cu contrapresiune.

Utilizarea pentru livrarea de căldură a echipamentului energetic existent sub forma unor turbine de condensaţie din centralele vechi şi neeconomice prezintă un interes deosebit. Rezolvarea acestei probleme permite reducerea substanţială a consumului specific pentru producerea de energie electrică ; de asemenea se rezolvă cu cheltuieli mici sarcina de a satisface nevoile de căldură ale consumatorilor. În unele ţări s-a rezolvat cu succes folosirea turbinelor de condensaţie trecute la funcţionare cu vid înrăutăţit pentru livrare de căldură.

Prin reducerea vidului scade cantitatea de căldură utilizabilă în turbină şi creşte temperatura apei de circulaţie la ieşirea din condensator. Apa care părăseşte condensatorul va avea temperaturi între 60 şi 90°C şi poate fi folosită pentru încălzire. În felul acesta se foloseşte în mod util căldura cedată de aburul care se condensează, căldură care altfel era pierdută.

În cazul în care se doreşte obţinerea unei temperaturi mai ridicate se poate recurge la o încălzire ulterioară în una sau două trepte.

O schemă-tip de centrală trecută în regim de termoficare este redată în figura 3. Încălzirea se face în trei trepte.

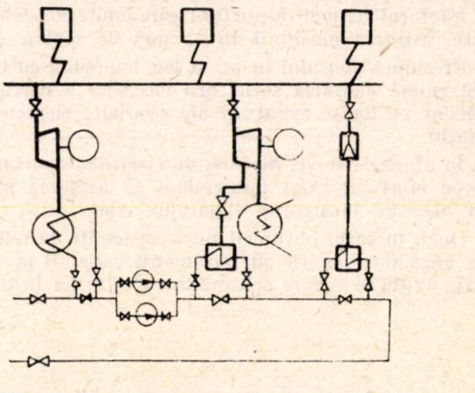


Fig. 3. Transformarea unei centrale electrice vechi cu condensaţie într-o centrală cu termoficare.

Apa de răcire intră în condensator cu o temperatură de 40—70°C. Încălzirea în trepte poate fi de 20° sau se pot alege alte valori, în funcţie de împrejurări.

*

II. Scopul principal al trecerii turbinelor cu condensaţie la funcţionarea cu vid înrăutăţit sau cu contrapresiune redusă este folosirea căldurii aburului destins pentru alimentarea cu apă caldă sau abur la presiune atmosferică eventual de ordinul 1,1—1,3 ata.

În ceea ce priveşte funcţionarea turbinei propriu-zise, şi anume a paletajului, nu există în principiu nici o diferenţă între funcţionarea cu vid înrăutăţit, care asigură o încălzire accentuată a apei de termoficare (presiunea la ieşire 0,1—0,9 ata), şi funcţionarea cu o contrapresiune redusă (1,1—1,3 ata). În ambele cazuri se produc modificări importante în partea finală a procesului de destindere. În cazul funcţionării cu contrapresiune devine însă posibilă eliminarea completă a întregii instalații de condensație. Din punctul de vedere al părții de scurgere, funcționarea cu contrapresiune redusă reprezintă cazul-limită al regimului de funcționare cu vid înrăutățit. Cu toate acestea, din cauza depărtării mari față de regimul de calcul nu are o întrebuințare mare. O utilizare mai extinsă a găsit trecerea la contrapresiune a turbinelor cu două corpuri — dispunîndu-se în locul rotorului de joasă presiune un arbore fals, care în timpul verii poate fi îndepărtat.

La funcționarea cu vid înrăutățit, instalația de condensație este menținută; în funcționarea ei au loc însă modificări importante. Preluarea căldurii aburului destins de către apa de răcire are loc la temperaturi mai ridicate, ceea ce modifică caracteristicile termice ale condensatorului, condițiile de montaj ale acestuia și condițiile funcționării instalațiilor auxiliare. În cazul înrăutățirii vidului, temperatura condensatului crește pînă la 90°C, se modifică condițiile de funcționare a pompei de condensat și ejectorului. Se schimbă debitul apei de răcire și presiunea pe partea de apă a condensatului.

Modificarea parametrilor procesului pe partea de scurgere a aburului prin turbină influențează asupra dilatărilor și jocurilor. Ridicarea temperaturii în partea de joasă presiune modifică solicitările termice ale pieselor turbinei.

În consecință, fenomenele importante ce survin la trecerea la regimul de funcționare cu vid înrăutățit se pot localiza după cum urmează:

Procesul termic. La funcționarea turbinei cu presiune finală mărită, căderea termică în ultimele trepte ale turbinei poate să se reducă într-atîta, încît aceste trepte să meargă în gol, fără a produce un lucru mecanic util. Va avea loc o creștere sensibilă a temperaturii aburului destins. Modificarea căderii termice în treptele anterioare este mai redusă.

Cu cît debitul de abur este mai mic în raport cu cel maxim, cu atît influența modificărilor care se produc din cauza înrăutățirii vidului este mai mare. O dată cu înrăutățirea vidului se schimbă și randamentul treptelor. Cu cît căderea de căldură a treptelor se deosebește de cea normală, cu atît randamentul scade mai mult.

Căderea de căldură ce revine treptei Curtis se modifică relativ puțin și de aceea și randamentul treptei rămîne aproape constant.

Efortul axial. În urma modificării regimului termic se modifică presiunile la nivelul diferitelor trepte; de asemenea, la turbinele cu acțiune se mărește gradul de reacțiune, în consecință se modifică efortul axial.

Paletele și diafragmele. În urma schimbării condițiilor de temperatură se modifică solicitările termice. La diafragma din fontă apare pericolul creșterii fontei.

Carcasa. În urma creșterii temperaturii materialului apare pericolul creșterii fontei. În plus, compensarea insuficientă a dilatărilor termice la legătura dintre turbină și condensator poate provoca eforturi suplimentare considerabile în carcasa turbinei.

Condensatorul și instalațiile auxiliare. Temperatura aburului crește de 2—3 ori, presiunea sa de 15—20 ori, iar cantitatea de apă de răcire se micșorează de cîteva ori.

Mărirea temperaturii în condensator provoacă o alungire a țevilor; din cauza temperaturii mărite, unele materiale de etanșare se pot degrada.

Prin încadrarea condensatorului în rețeaua termică se modifică presiunea pe partea de apă.

Se modifică condițiile de funcționare a pompei de condensat și a ejectorului.

Dilatații și jocuri. În timpul încălzirii carcasei turbinei se produce alunecarea suportului lagărului din față sau a picioarelor de sprijin ale carcasei pe placa de bază față de punctul fix. De obicei, ca punct fix la turbinele mici servește racordul de evacuare. Stînjenirea deplasării libere duce la deformări și vibrații.

În urma modificării regimului de temperatură se produc modificări ale interstițiilor. În cazul în care lagărul posterior este sprijinit independent față de carcasă, are loc o dereglare periculoasă a interstițiilor radiale din labirinții posteriori, putînd duce chiar și la atingeri.

Ridicarea lagărului posterior poate modifica alinierea turbinei și a generatorului.

*

Cînd turbina urmează a trece la funcționarea cu vid înrăutățit este necesar să se cunoască diagrama ei de funcționare pe întregul an. Dacă turbina va lucra în permanență cu vid înrăuțățit, se pune problema modificării substanțiale atît a turbinei cît și a instalației de condensație.

Modificarea principală a părții de scurgere constă în scoaterea ultimelor trepte, ceea ce coboară pentru totdeauna puterea electrică a agregatului.

În U.R.S.S. experimentările cu privire la funcționarea cu vid înrăutățit au început cu peste 25 de ani în urmă. Pînă în prezent s-au trecut la vid înrăutățit peste 30 de turbine cu puteri de la 1 pînă la 12 MW. Rezultate pozitive s-au obținut de asemenea în R. P. Polonă și R. P. Ungară. În R.P.P. s-au făcut primele încercări în 1953, iar în R.P.U. în 1954.

Majoritatea grupurilor ce funcționează cu vid înrăutățit au puteri ce nu depășesc 5—6 MW. La puteri mari, pierderile suplimentare prin ventilație sînt deosebit de mari.

Printre grupurile citate, multe sînt vechi, cu randamente slabe și cu parametrii inițiali scăzuți: 13 ata, 300—350°C. Sînt menționate grupuri AEG, MAN, BBC, KIROV, LMZ etc.

Experiențele privesc în general turbine cu acțiune, dar se fac referiri și la grupuri de reacțiune.

Temperatura apei calde este în limitele de 60—90°C, preîncălzirea făcîndu-se în una sau două trepte.

Majorarea temperaturii carcaselor de fontă este admisă pînă la 150°C, fiind folosite și soluții de răcire prin injectoare de condensat.

Condensatoarele, inclusiv instalațiile anexe, nu au ridicat probleme speciale.

În general nu s-au eliminat trepte, turbinele putînd fi folosite și în regim de condensație.

Premergător trecerii la regimul de funcționare cu vid înrăutățit se efectuează probe menite să pună în evidență comportarea instalației la noi parametri de exploatare.

În multe cazuri, în prealabil s-a executat recalcularea regimului termic, în scopul de a stabili puterea electrică și termică în noul regim de funcționare, prevăzîndu-se eventual numărul de trepte ce urmează a fi eliminate. Se pot face, de asemenea, calcule privind modificarea efortului axial, calculul solicitărilor în palete.

*

III. În scopul avansării în problemele legate de funcționarea cu vid înrăutățit IRME a executat încercări la cîteva agregate. La efectuarea încercărilor s-a urmărit reducerea la minim a riscurilor legate de trecerea la noul regim de funcționare.

În cele ce urmează vor fi prezentate probele executate la două din agregatele încercate, grupul TA_1 „Filimon Sîrbu”—Constanța, de 2000 kW, și grupul TA_1-Arad, de 2500 kW. Ambele grupuri sînt grupuri de reacțiune, avînd o roată de reglaj.

Avînd în vedere că recalcularea regimului termic necesită cunoașterea caracteristicilor paletajului, s-a renunțat la aceste calcule.

Metoda de experimentare aplicată a fost următoarea:

Înaintea probei s-au executat lucrările pregătitoare. Cu această ocazie s-au controlat turbina și instalațiile auxiliare. S-au cercetat jocurile, starea lagărului axial, precum și condițiile de dilatație. S-au determinat valorile pentru calculul efortului axial. S-au luat probe din materialul carcasei pentru analiză metalografică și chimică. În vederea efectuării probelor de funcționare cu vid înrăutățit, în afara aparatelor indicatoare de control ale turbinei, s-au montat aparate suplimentare de control pentru urmărirea unor valori caracteristice ale mașinii.

S-au montat termocuple pentru urmărirea temperaturii pastilelor lagărului axial, metalului carcasei turbinei, picioarelor posterioare ale turbinei și la racordul condensatorului.

S-au măsurat de asemenea temperaturile în punctele accesibile pentru urmărirea destinderii.

În tot timpul probelor s-au urmărit vibrațiile lagărelor, deplasarea axială și dilatarea carcasei.

Probele s-au desfăşurat în regim de condensaţie şi în regim de vid înrăutăţit.

În regimul de condensaţie probele au urmărit :

— stabilirea valorilor de control privind siguranţa şi funcţionarea normală în regim de vid înrăutăţit ;

— determinarea consumului specific la diferite sarcini pentru a stabili eficienţa funcţionării în regim de vid înrăutăţit.

Vidul înrăutăţit s-a obţinut prin recircularea apei de răcire şi strangularea debitului. S-a asigurat în acest scop alimentarea independentă a răcitorului de ulei, răcitorul generatorului şi a ejectorului.

Trecerea de la regimul de condensaţie la funcţionarea cu vid înrăutăţit s-a realizat în mod treptat, în vederea urmăririi modificării parametrilor şi a valorilor de control ale turbinei.

La TA$_1$-Arad s-a asigurat răcirea carcasei din interior prin montarea unui inel de stropire.

În urma probelor s-au obţinut următorii parametri limită :

TA$_1$ „Filimon Sîrbu''

Presiunea în condensator 0,65 ata. Temperatura apei calde 75°C. Temperatura-limită a aburului la buraj 135°C.

TA$_1$-Arad

Presiunea în condensator 0,65 ata. Temperatura apei calde 86°C. Temperatura-limită a aburului la buraj 125°C.

Comportarea agregatelor şi a instalaţiilor auxiliare în timpul probelor a fost normală.

În cele ce urmează se vor reda cîteva detalii cu privire la desfăşurarea probelor şi cu privire la rezultatele obţinute :

TA$_1$ „Filimon Sîrbu'' — Constanţa, de 2000 kW

Probele au fost efectuate de un colectiv al întreprinderilor IRME, „Energo-reparaţii'' şi IRE Dobrogea.

Turbina este de condensaţie BBC din 1929 cu un singur corp. Parametrii nominali la admisie sînt 22 ata şi 375°C, iar vidul de 0,04 ata. Turbina are o roată Curtis cu două trepte de viteză şi 44 trepte de reacţie. Rîndurile 17—41 sînt din alamă.

Condensatorul are ţevi mandrinate la un capăt şi etanşate cu presetupe la celălalt capăt.

Debitul nominal de apă de răcire este de 600 m^3/h. Vidul este menţinut cu ajutorul unui ejector hidraulic.

Lagărul axial de tipul cu segmenţi are cîte 6 elemente de sprijin pe fiecare parte.

Lagărul din spate este susţinut de partea posterioară a carcasei.

Partea posterioară a carcasei de la nivelul paletelor de reacţie este din fontă.

Conform datelor nominale presiunea la roata Curtis este de 6,1 ata la 2000 kW, iar presiunea la pistonul de echilibru este de 0,9 ata.

În cursul probelor nu s-a depăşit presiunea-limită de 6,1 ata la roata Curtis, căreia îi corespunde un debit de circa 10 t/h.

În cursul probelor de condensaţie au fost determinate diferite elemente de referinţă, unele dintre ele fiind reprezentate în figurile 4, 5 şi 6.

Probele în regim de funcţionare cu vid înrăutăţit s-au efectuat în două etape. În prima zi s-a înrăutăţit progresiv vidul de la 0,15 la 0,35 ata ; în ziua a doua s-a micşorat treptat vidul de la 0,15 la 0,65 ata.

În timpul probelor, vibraţiile lagărelor în sens axial, transversal şi vertical au fost măsurate cu un vibrometru înregistrator portativ. S-a urmărit temperatura în doi segmenţi ai lagărului axial, suportînd împingerea înspre generator.

În cursul probelor s-a obţinut o temperatură a apei calde de 76°C, temperatura aburului la buraj fiind de 130—135°C. Temperaturile picioarelor de susţinere ale carcasei posterioare s-au menţinut sub 100°C. S-a funcţionat cu debite de abur apropiate de cele limită.

Probele au confirmat posibilitatea funcţionării în noile condiţii. În mod special s-au pus în evidenţă următoarele :

1. Parametrii înaintea prizei (reconducerea de la pistonul de echilibru) nu se modifică în mod sensibil.
2. Vibraţiile rămîn practic neschimbate.
3. Etanşeitatea condensatorului pe partea de apă de răcire s-a menţinut.
4. Comportarea pompei de condensat a rămas normală.
5. Temperatura de funcţionare a paletelor de alamă din rîndurile posterioare se află sub valoarea-limită de 200°C.

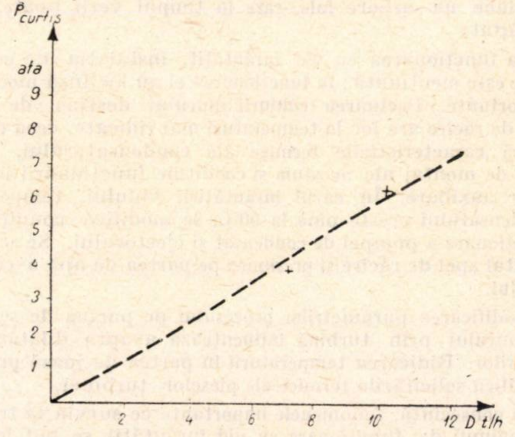


Fig. 4. Variaţia presiunii la roata Curtis funcţie de sarcină.

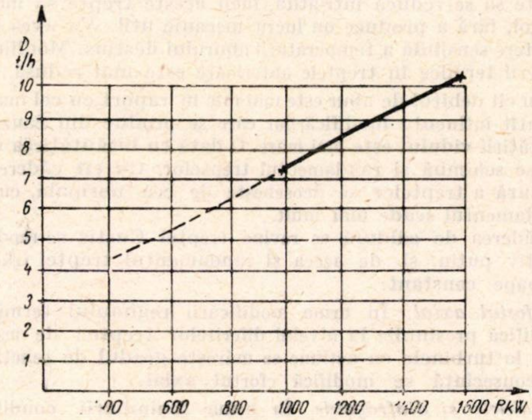


Fig. 5. Variaţia debitului funcţie de sarcină în regim de condensaţie :
P – puterea ; *D* – debitul de abur.

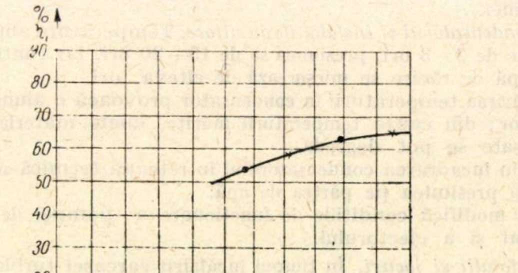


Fig. 6. Variaţia randamentului intern funcţie de debit în regim de condensaţie :
η_i – randamentul intern ; *D* – debitul de abur :
+ puncte măsurate ; ⦶ puncte calculate.

În figurile 7, 8 și 9 se reprezintă unele rezultate ale măsurătorilor.

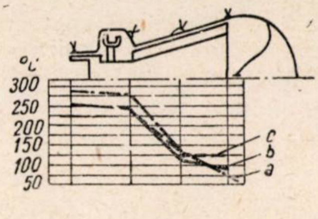


Fig. 7. Modificarea temperaturii corpului turbinei de 2 000 kW:

a — regim de funcționare cu vid de 0,15 ata, temperatura aburului la intrare 379°C; *b* — idem, 0,34 ata, temperatura aburului la intrare 344°C; *c* — idem, 0,65 ata, temperatura aburului la intrare 342°C.

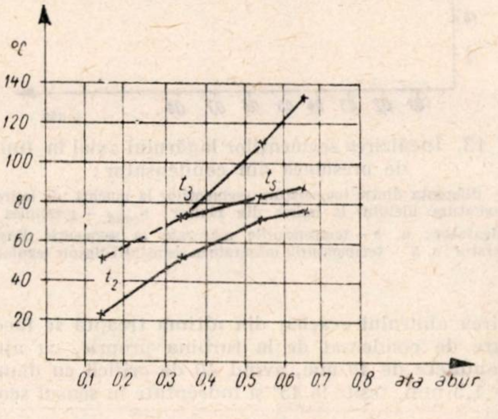


Fig. 8. Variația temperaturii la buraj și a temperaturii apei calde funcție de presiunea în condensator:

t_2 — temperatura apei calde; ts — temperatura de saturație; t_3 — temperatura aburului la buraj.

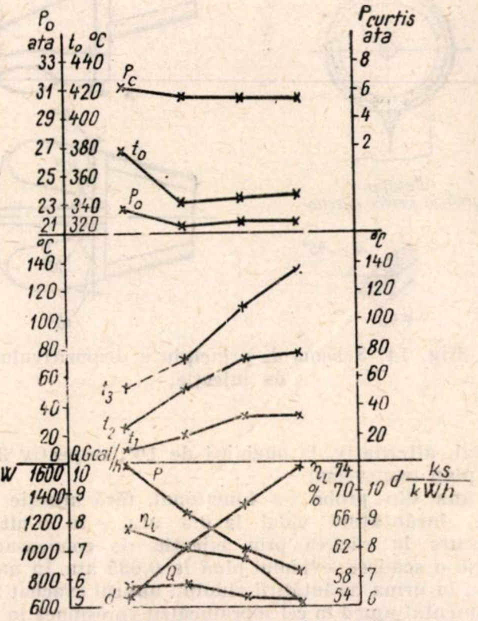


Fig. 9. Variația parametrilor și indicilor la funcționarea cu vid înrăutățit:

t_0 — temperatura aburului viu; p_0 — presiunea aburului viu; p_c — presiunea la roata Curtis; t_1 — temperatura apei de răcire la intrare; t_2 — temperatura apei calde; t_3 — temperatura aburului la buraj; Q — căldura livrată; η_i — randamentul intern; d — consumul specific de abur; P — puterea; p_b — presiunea în condensator.

TA₁-Arad, de 2400 kW

Probele au fost executate de IRME în colaborare cu „Energo-reparații" și IRE Banat.

Turbina este de construcție Lang, fabricată în 1955. Parametrii aburului la admisie sînt 28 ata și 400°C, vidul — de 0,08 ata. Turbina este cu un corp, are o roată Curtis cu două trepte de viteză și 44 trepte de reacție. Racordul de la pistonul de echilibru este făcut după rîndul 28.

Condensatorul este așezat rigid pe fundație și legat telescopic cu turbina. Țevile în condensator sînt mandrinate la ambele capete.

Debitul nominal al apei de răcire este de 1000 m³/h.

Vidul este menținut de un ejector cu abur.

Lagărul axial simetric are cîte șase segmenți pe ambele fețe ale umărului de sprijin. Segmenții sînt din bronz și pivotează pe știfturi.

Lagărul radial posterior este suportat de carcasă.

Carcasa posterioară — de după treapta de reglare — este construită din fontă.

Labirinții de capăt sînt de tipul pieptene, avînd lamele lungi alternînd cu cele scurte. Lamelele etanșărilor sînt prinse în carcasă. Nu există bucșe rotorice.

Debitului nominal de 11,6 t/h îi corespunde o presiune de 7,5 ata la roata Curtis.

Există posibilitatea extracției unui debit de 3,5 t/h din priza nereglabilă de la nivelul roții de reglaj.

Pentru urmărirea variației efortului axial și controlul comportării lagărului axial în timpul probelor s-au montat cîte două termocuple în segmenții dinspre generator și regulator.

Dispoziția termocuplelor în segmenții de sprijin la cele două turbine este redată în figura 10.

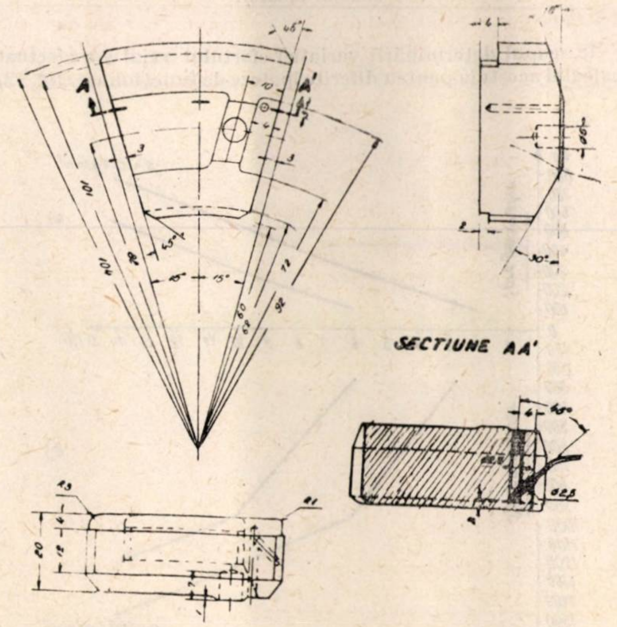


Fig. 10. Dispozitiv de măsură pentru controlul funcționării lagărului axial.

În corpul segmenților s-au amplasat termocuple din Fe-Const de 0,5 mm. Termocuplele au fost dispuse în așa fel ca elementul de măsură să fie la o distanță de circa 1—1,5 mm de suprafața de lucru, în apropierea muchiei de ieșire a segmentului de sprijin. Termocuplele au fost introduse în canale de 2,5—3 mm, un canal servind pentru dispunerea firelor de măsură, iar al doilea pentru introducerea unui șurub de consolidare. Unul din firele termocuplei a fost izolat cu un tub de vinilin. Pentru un contact mai bun cu materialul segmentului de sprijin, punctul de sudură al termocuplei (punctul cald) a fost fixat prin ştemuirea unei aşchii de metal moale. Firele termocuplei sînt scoase din lagăr pe drumul cel mai scurt, prin orificiile existente sau orificii create în acest scop (etanşate cu garnitură de Pb) şi duse la aparatul indicator.

În figura 11 este reprezentată încălzirea lagărului axial şi a segmenţilor de lucru în funcţie de sarcină.

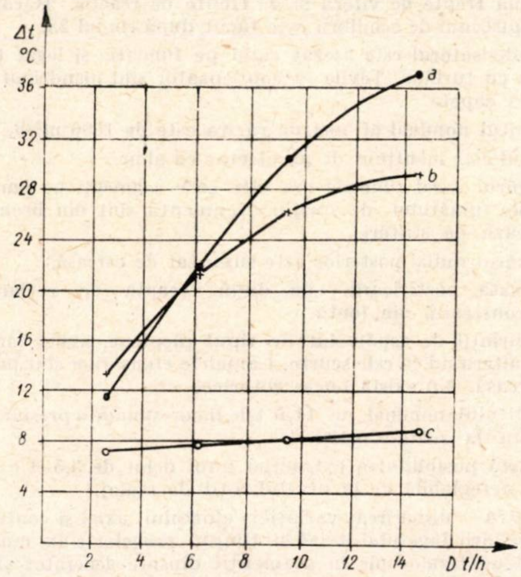


Fig. 11. Încălzirea lagărului axial şi a segmenţilor de lucru în funcţie de sarcină la TA_1 CTE Arad :
a,b – încălzirea unor segmenţi spre generator; c – încălzirea uleiului în lagăr.

În scopul determinării variaţiei efortului axial s-a efectuat calculul acestuia pentru diferite ipoteze de funcţionare (fig. 12)

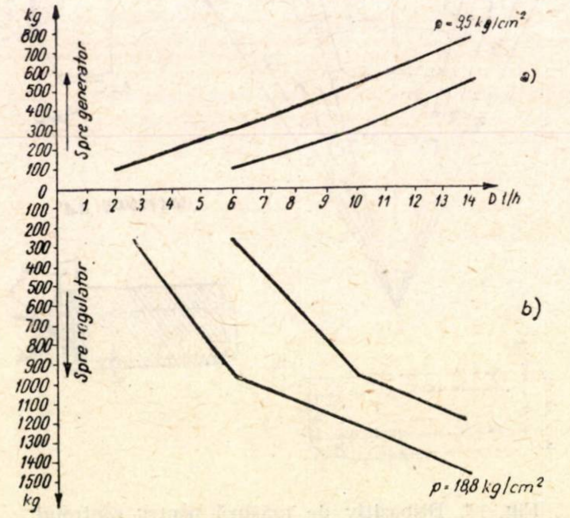


Fig. 12. Variaţia efortului axial în funcţie de debitul de abur şi de presiunea din condensator :
F – efortul axial; p – efortul specific; D – debitul de abur admis în turbină; a —— funcţionare în condensaţie, fără prelevare de abur; —— funcţionare în condensaţie cu prelevare de 4 t/h; b —— funcţionare cu contrapresiune de 1 ata; —— funcţionare cu contrapresiune de 1 ata şi prelevare de 4 t/h.

În figura 13 este reprezentată încălzirea segmenţilor lagărului axial în funcţie de presiunea din condensator. Se observă că la presiunea de 0,3 ata în condensator se produce schimbarea sensului împingerii axiale.

Pentru răcirea părţii posterioare a turbinei, precum şi a racordului spre condensator în timpul probelor, s-a montat un dispozitiv de stropire pentru răcirea aburului (fig. 14).

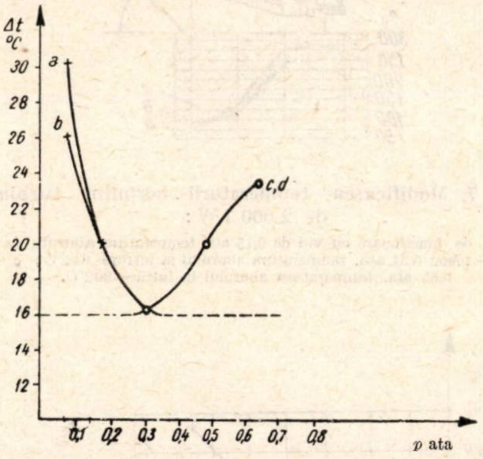


Fig. 13. Încălzirea segmenţilor lagărului axial în funcţie de presiunea din condensator :
Δt – diferenţa dintre temperatura segmenţilor la muchia de ieşire şi temperatura uleiului la ieşirea din răcitor; $p_{cond.}$ – presiunea în condensator; a, b – temperaturile măsurate la segmenţii dinspre generator; c, d – temperaturile măsurate la segmenţii dinspre regulator.

Răcirea aburului evacuat din ultima treaptă se face prin injectare de condensat de la turbina proprie, cu ajutorul unei conducte de 40 mm, avînd 40 de orificii cu diametrul de cîte 1,5 mm, teşite la 45° şi îndreptate în sensul scurgerii

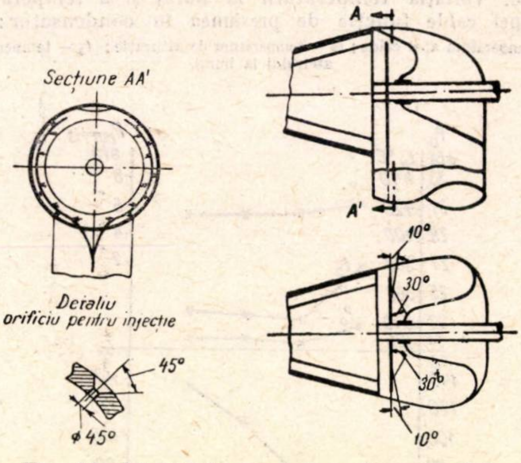


Fig. 14. Schema de principiu a dispozitivului de injecţie.

aburului, alternativ, la unghiuri de 10°, respectiv 30°, faţă de un plan transversal.

La una din probe s-a funcţionat fără injecţie de condensat, înrăutăţind vidul la 0,3 ata, – la o altă probă s-a recurs la răcirea prin injecţie de condensat, realizîndu-se o scădere a vidului pînă la 0,635 ata. În momentul în care, în urma înrăutăţirii vidului, aburul evacuat a trecut din domeniul umed în cel supraîncălzit (presiunea în condensator 0,21 ata, temperatura la buraj 62°C), s-a început acţionarea dispozitivului de stropire. Pe măsura înrăutăţirii vidului, ventilul de injecţie s-a deschis pînă la poziţia-limită.

Debitul de abur admis în turbină în cursul probelor a fost menţinut la circa 9 t/h, debitul de apă de răcire a fost de circa 200 m³/h.

Datele caracteristice pentru cele două situaţii de funcţionare au fost următoarele:

Locul de măsură	Vidul în condensator	
	fără injecţie 0,3 ata	cu injecţie de condensat 0,635 ata
Temperatura apei de răcire la intrare, °C	57	60
Temperatura apei de răcire la ieşire, °C	67	85–86
Temperatura aburului la buraj, °C	102	117–120
Temperatura carcasei după ultima treaptă, °C	127	95
Temperatura carcasei la buraj, °C	100	92
Temperatura racordului spre condensator, °C	96	88
Temperatura picioarelor de sprijin posterioare, °C	96	92

În figurile 15, 16, 17 şi 18 sînt redate diferite rezultate ale probelor.

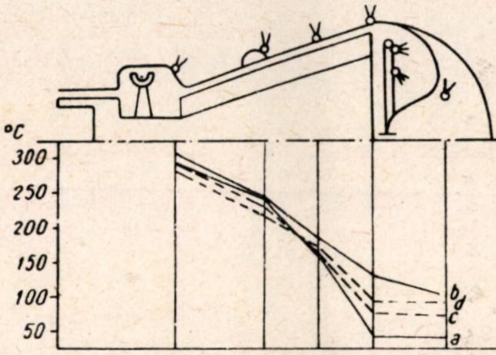


Fig. 15. Modificarea temperaturii corpului turbinei în timpul funcţionării cu vid înrăutăţit:

a – regim de funcţionare cu vid de 0,075 ata şi temperatura aburului la intrare de 397°C; *b* – regim de funcţionare cu vid de 0,30 ata şi temperatura aburului la intrare de 395°C; *c* – regim de funcţionare cu vid de 0,30 ata cu injecţie şi temperatura aburului la intrare de 388°C; *d* – regim de funcţionare cu vid de 0,635 ata, cu injecţie şi temperatura aburului la intrare de 392°C.

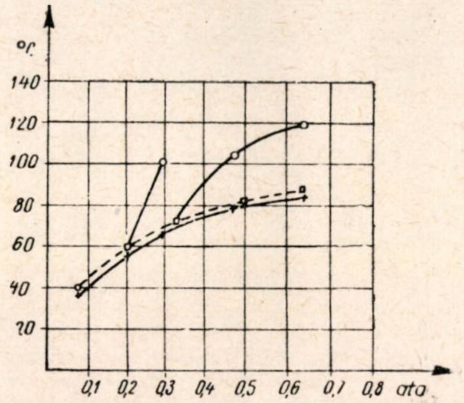


Fig. 16. Variaţia temperaturii la buraj şi a temperaturii apei calde în funcţie de presiunea din condensator:

+ – temperatura apei calde; □ – temperatura de saturaţie ● – temperatura aburului la buraj fără injecţie; ○ – temperatura aburului la buraj cu injecţie.

În timpul probelor, vibraţiile lagărelor posterioare au fost urmărite în permanenţă cu două aparate indicatoare, de tip IRME Sibiu. Periodic s-au înregistrat vibraţiile tuturor lagărelor. În cursul probelor s-a urmărit, pe calea analizelor chimice, starea de etanşeitate a condensatorului.

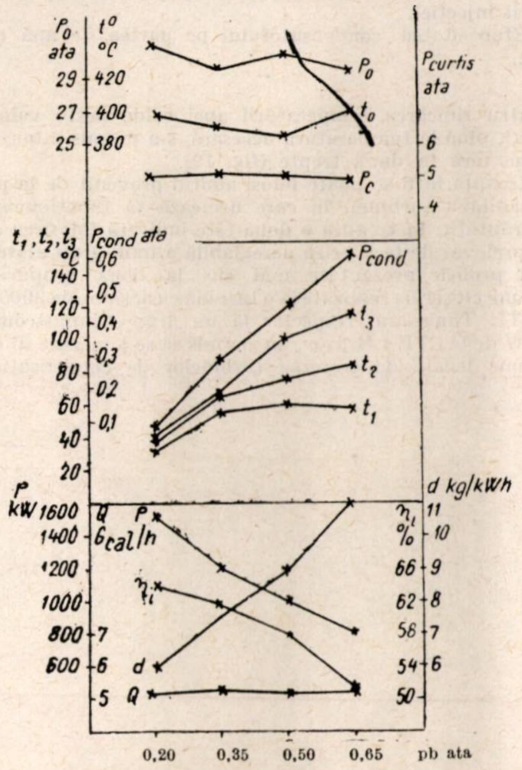


Fig. 17. Variaţia parametrilor şi indicilor la funcţionarea cu vid înrăutăţit:

t_0 – temperatura aburului viu; p_0 – presiunea aburului; p_c – presiunea la roata Curtis; t_1 – temperatura apei de răcire la intrare; t_2 – temperatura apei calde; t_3 – temperatura aburului la buraj; $p_{cond.}$ – presiunea în condensator; Q – căldura livrată; η_i – randamentul intern; d – consumul specific de abur; P – puterea. p_b presiunea în condensator.

În rezumat, rezultatele probelor au arătat că:

1. Turbina s-a comportat normal în timpul probelor, vibraţiile rămînînd practic neschimbate.

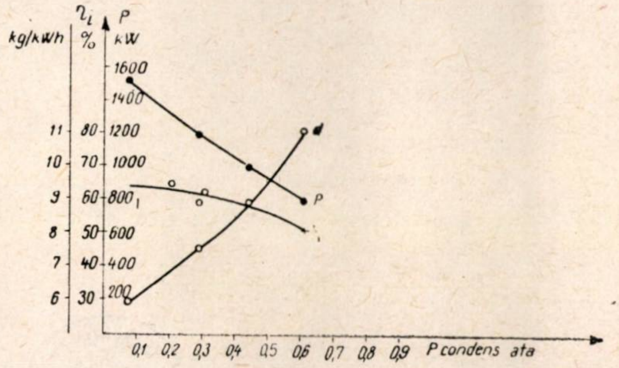


Fig. 18. Variaţia puterii şi a randamentului turbinei în funcţie de presiunea din condensator:

d – consumul specific de abur; η_i – randamentul intern; P – puterea $p_{cond.}$ – presiunea în condensator; ● – valori determinate pe cale directă; ○ – valori deduse pe baza probelor de consum specific.

2. La presunea de circa 0,3 ata în condensator se produce schimbarea sensului împingerii axiale ; comportarea lagărului axial rămîne satisfăcătoare.

3. Comportarea pompei de condensat a fost normală în tot cursul probei.

4. Temperatura carcasei posterioare, a picioarelor de sprijin şi a racordului spre condensator nu depăşeşte 100°C, în cazul folosirii injecţiei.

5. Etanşeitatea condensatorului pe partea de apă nu a suferit.

*

Pentru ridicarea temperaturii apei calde peste valoarea de 85°C, pînă la temperatura necesară, s-a propus o încălzire suplimentară în două trepte (fig. 19).

În treapta întîi se poate folosi aburul provenit de la priza nereglabilă a turbinei, în care urmează să funcţioneze cu vid înrăutăţit, în treapta a doua este indicată folosirea aburului prelevat de la o priză nereglabilă a unui grup alăturat.

Atît probele prezentate mai sus la două grupuri cu reacţiune cît şi cele realizate la o turbină cu acţiune de 3000 kW din CTE Timişoara, respectiv la un grup Ljungström de 700 kW de la CTE I Braşov, au permis să se precizeze diferite probleme legate de trecerea turbinelor de condensaţie la funcţionarea cu vid înrăutăţit,şi au confirmat posibilitatea funcţionării lor în acest regim.

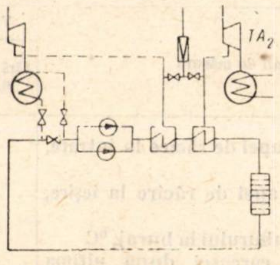
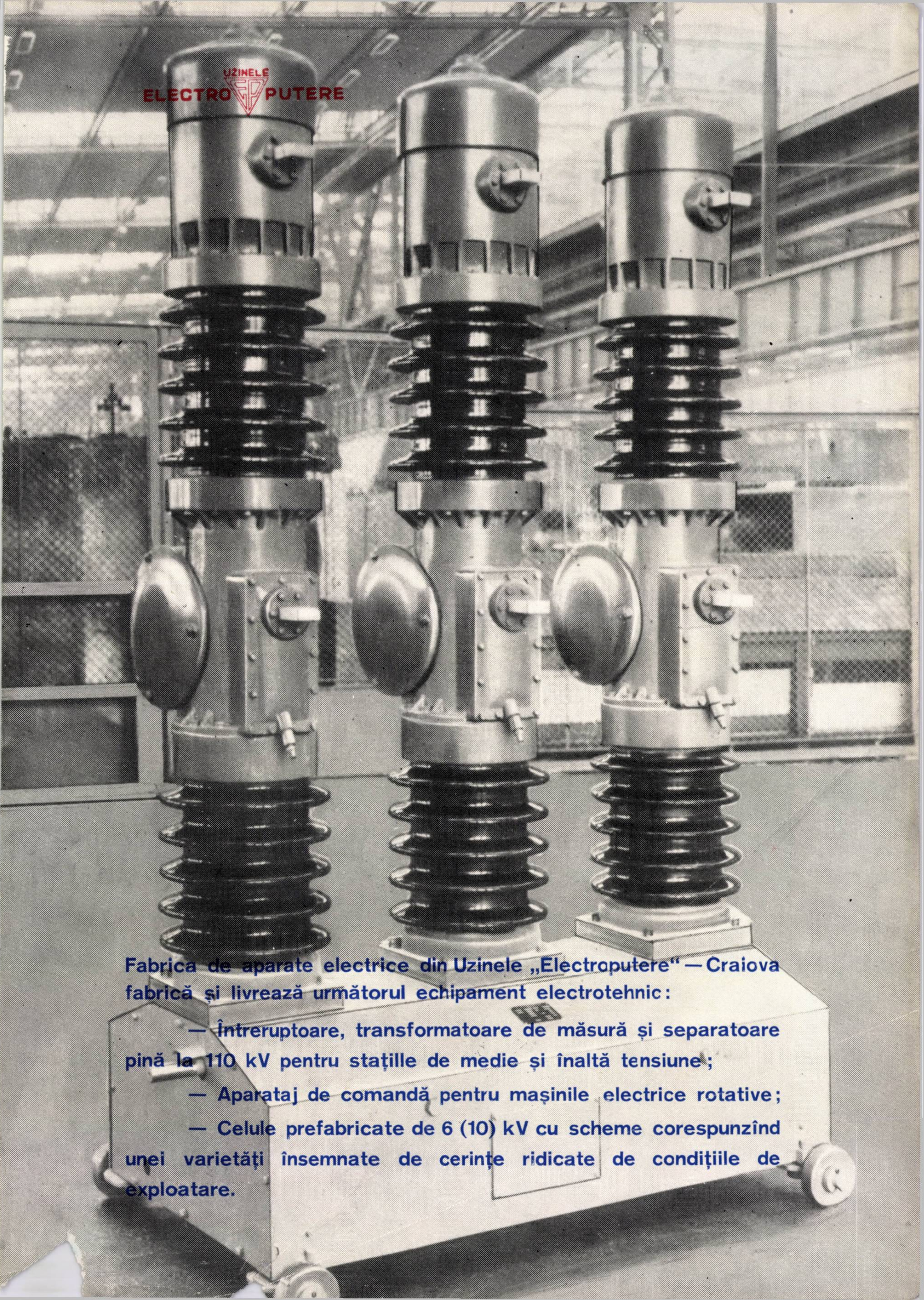


Fig. 19. Schema de principiu propusă cu soluţia livrării de apă caldă.

Funcţionarea cu vid înrăutăţit se poate realiza cu numărul complet de trepte pentru a nu se reduce puterea disponibilă a grupului în situaţia în care se necesită funcţionarea lui în regim de condensaţie.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

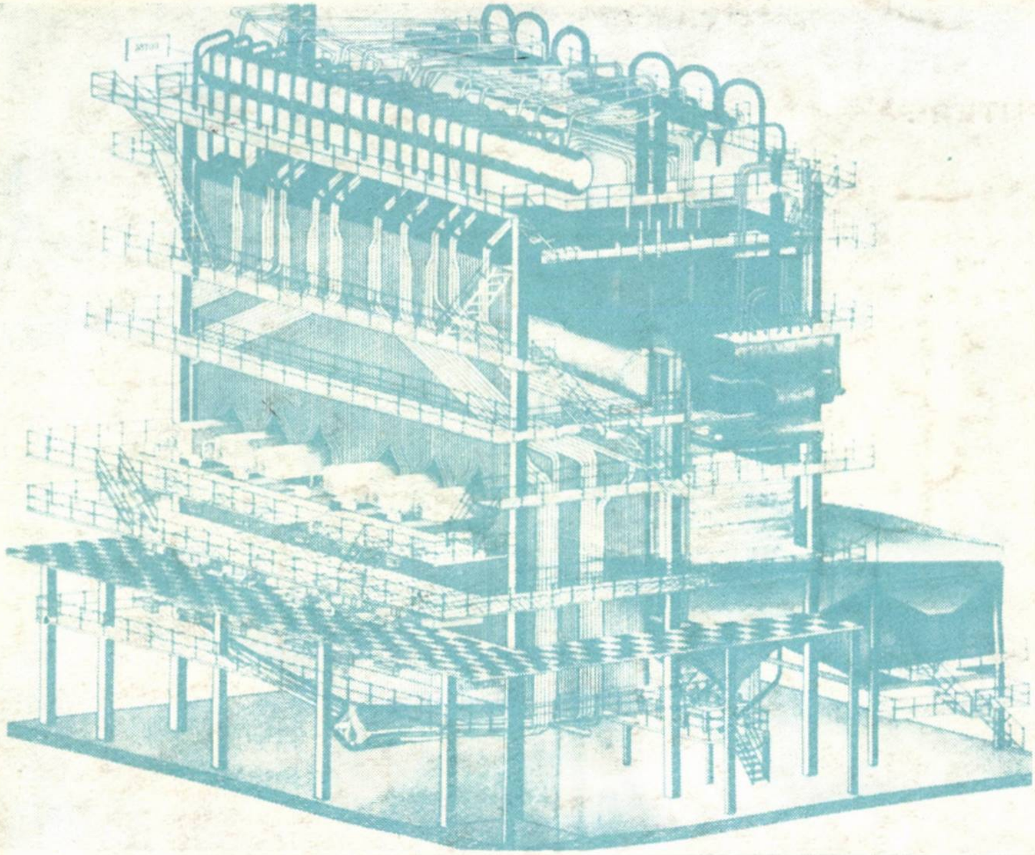


Fabrica de aparate electrice din Uzinele „Electroputere" — Craiova fabrică și livrează următorul echipament electrotehnic:

— Întreruptoare, transformatoare de măsură și separatoare pînă la 110 kV pentru stațiile de medie și înaltă tensiune;

— Aparataj de comandă pentru mașinile electrice rotative;

— Celule prefabricate de 6 (10) kV cu scheme corespunzînd unei varietăți însemnate de cerințe ridicate de condițiile de exploatare.



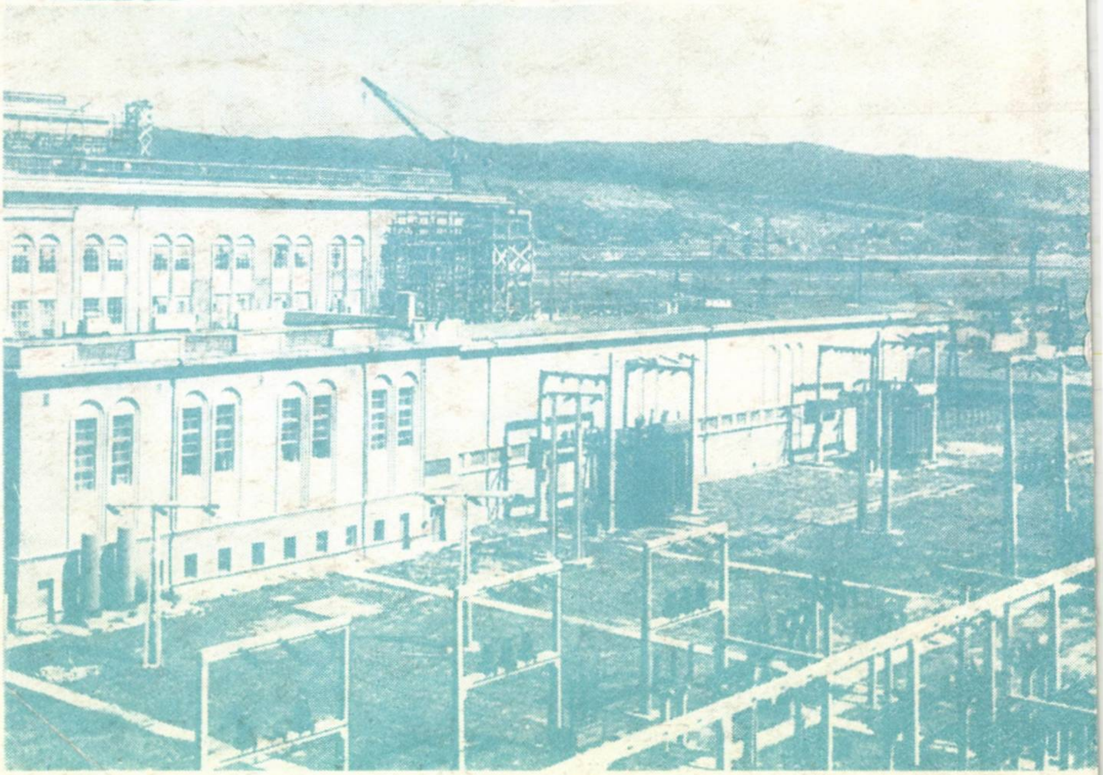
În cadrul Întreprinderii de Montaje Centrale Electrice, inginerii și tehnicienii au posibilitatea să-și îmbogățească cunoștințele cu cele mai moderne procedee tehnologice de montaj în:

— Cazane de abur de parametri înalți;

— Turbine cu abur și hidro de mari puteri;

— Motoare Diesel și compresoare;

— Instalații electrice de foarte înaltă tensiune.



IMCE

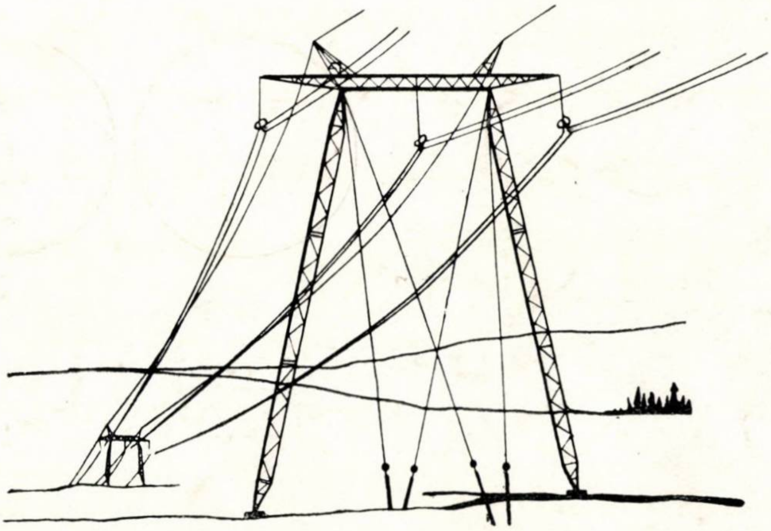
E 2039

R

XI,

ENERGETICA

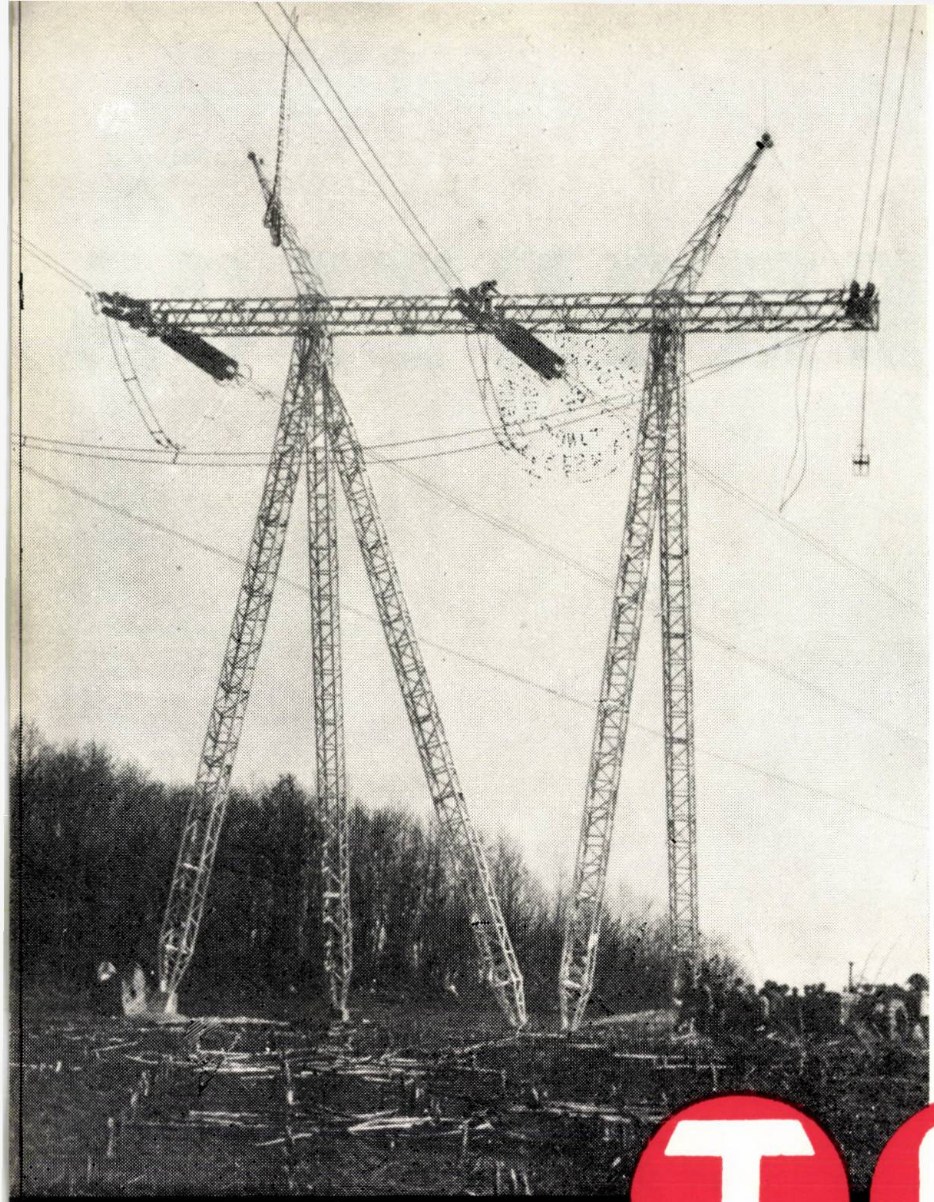
REFERAT



VOLUMUL XI * NUMĂRUL 8 * ENERGETICA

8

BUCUREȘTI * AUGUST * 1963



Linie electrică de 400 kV
în construcţie

TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCŢI
ŞI MONTAJE ENERGETIC

EXECUTĂ LINII DE TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ PENTR
TENSIUNI DE 6...400 kV PE STÎLPI METALICI SAU DE BETON ARMA

TCME produce: STÎLPI METALICI, STÎLPI DE BETON ARMAT CENTRIFUGAT, STÎLPI DE BETON ARMAT PRETENSIONAT, CELULE ŞI PANOURI PENTRU CENTRALE ŞI STAŢII ELECTRICE, CLEME, ARMĂTURI ETC.

BUCUREŞTI, CALEA MOŞILOR 158, TEL.: 16.63 30

ENERGETICA

ANUL 11 **Nr. 8** **AUGUST 1963**

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

CUPRINS

N. Gheorghiu — **Rezultatele de exploatare în R. P. Romînă a rețelelor doi conductori — pămînt (DCP) după opt ani de funcționare și perspectiva dezvoltării lor** 401—416

L. Groza — **Formule practice pentru calcule de rețele electrice cu referire specială la variațiile de tensiune** 416—421

I. Adămuț și B. Popa — **Eficacitatea tehnico-economică a mijloacelor de protecție a liniilor de 110 kV contra supratensiunilor atmosferice** 421—427

E. Pasere — **Protecția contra incendiului a generatoarelor electrice** 428—432

A. Măcriș — **Alegerea mecanismelor principale necesare mecanizării montajului de centrale electrice** 432—439

DIN EXPLOATARE

I. Bărbulescu — **Despre depunerile de săruri pe paletajul turbinelor. Spălarea sărurilor insolubile** 440—443

DISCUTII

T. Popa — **Metodă simplificată pentru valorificarea consumului specific normat al centralelor de termoficare** 443—444

RECENZII 445—446

DOCUMENTARE 447—448

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, acad. prof. ing. **M. BERCOVICI**, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **T. POPA**, ing. **S. SANDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacția: București, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administrația: „IPROMIN" București, Calea Victoriei nr 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN" — Publicațiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala București. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri lei 30 anual. Prețul unui exemplar lei 5.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAȚIA", — București c. 2919.

Taxele poștale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr 560/11967/1962

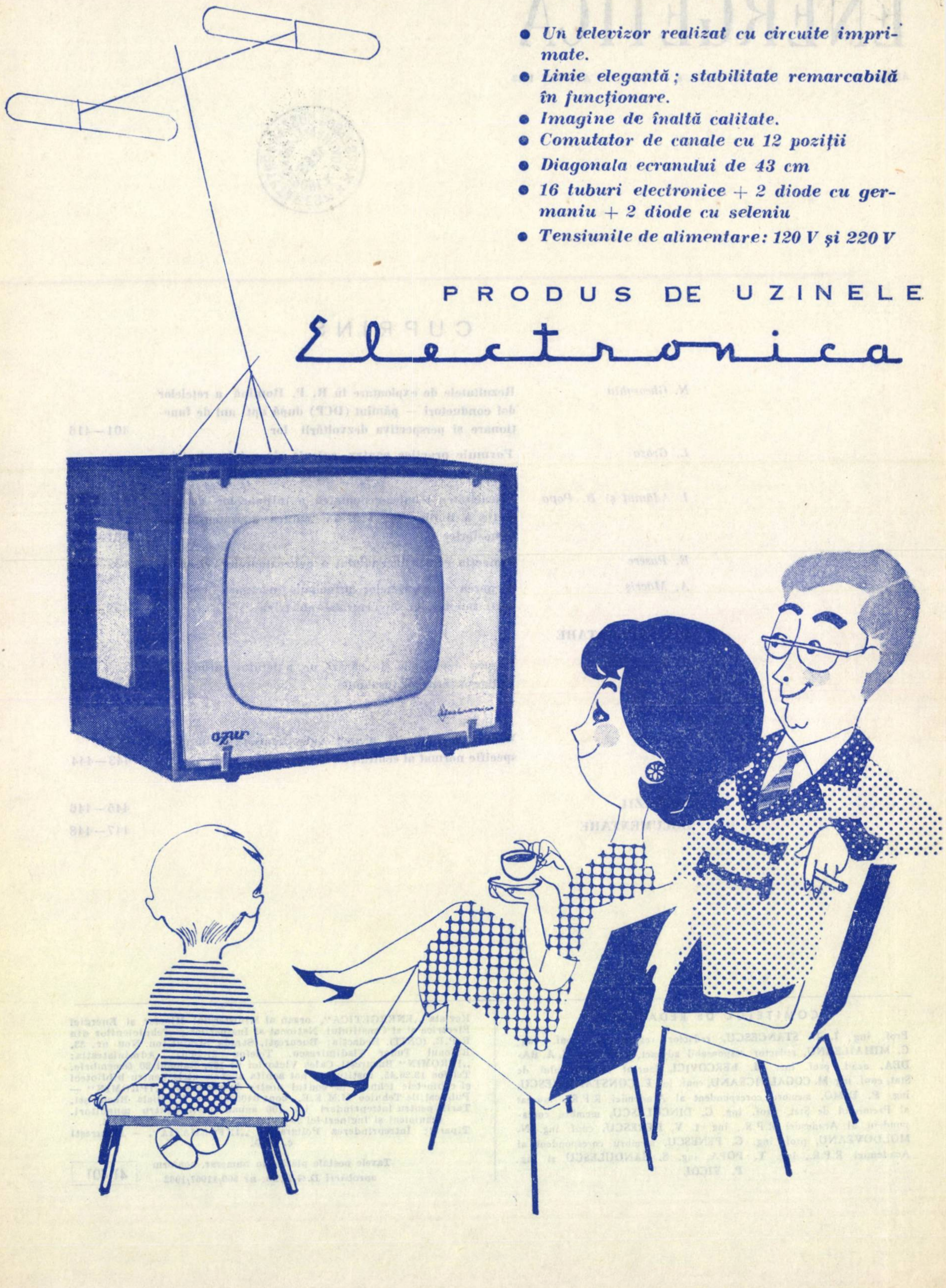
41 401

„AZUR"

- *Un televizor realizat cu circuite imprimate.*
- *Linie elegantă ; stabilitate remarcabilă în funcționare.*
- *Imagine de înaltă calitate.*
- *Comutator de canale cu 12 poziții*
- *Diagonala ecranului de 43 cm*
- *16 tuburi electronice + 2 diode cu germaniu + 2 diode cu seleniu*
- *Tensiunile de alimentare: 120 V și 220 V*

PRODUS DE UZINELE

Electronica



ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

ANUL 11
1963
Nr. 8
AUGUST

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1963

Rezultatele de exploatare în R. P. Romînă a rețelelor doi conductori-pămînt (DCP) după opt ani de funcționare și perspectiva dezvoltării lor

Conf. ing. *N. GHEORGHIU*
adjunct al ministrului Minelor și Energiei Electrice

Situația electrificării satelor la instaurarea în țara noastră a regimului de democrație populară era deosebit de grea, datorită înapoierii economice generale a țării și sărăciei țărănimii muncitoare, pe de o parte, și bazei energetice slabe, pe de altă parte.

În timpul primelor două planuri cincinale, 1951—1960, au fost electrificate un număr mare de sate, care întrece de peste cinci ori numărul de sate electrificate de regimurile burghezo-moșierești timp de 60 de ani.

Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn a trasat sarcini în vederea grăbirii ritmului electrificării satelor. Astfel, planul de șase ani prevede electrificarea a peste 4 000 de sate, iar pînă în 1975 urmează să se termine electrificarea tuturor satelor din țara noastră.

Congresul al III-lea a trasat, de asemenea, sarcina extinderii consumului de energie electrică în procesele de producție agricolă și dezvoltarea consumului în satele electrificate pentru nevoile casnice și social-culturale [1]. În acest scop, în 1960—1965 se vor executa din fondurile statului peste 8 700 km rețele electrice de 6, 15 și 35 kV, iar puterea instalată în stațiile de transformare corespunzătoare va crește pînă la circa 2 000 000 kVA, ceea ce va permite extinderea electrificării rurale și folosirea energiei electrice în producția agricolă.

În raportul prezentat de tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej la plenara C.C. al P.M.R. din 30 iunie — 1 iulie 1961 s-a tratat și problema electrificării rurale. Tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej a arătat rezultatele obținute și a adăugat: „cu toate acestea, consumul de energie electrică în producția agricolă este foarte scăzut, reprezentînd numai 1,2% din consumul total de energie electrică al țării. Din totalul consumului rural, pentru nevoile de producție se folosește abia o treime”.

„Este greșită concepția acelora care prin electrificare rurală înțeleg numai iluminatul electric, scăpînd din vedere ceea ce este mai important: folosirea energiei electrice în producția agricolă pentru ușurarea muncii, creșterea productivității muncii, reducerea prețului de cost”.

În același raport s-a arătat că nu sînt folosite avantajele economice ale energiei electrice în pomparea apei pentru irigații, în alimentarea cu apă, prepararea furajelor și alte procese de muncă. Plenara a trasat sarcina reducerii costurilor specifice de investiție pentru rețelele electrice de distribuție, branșamente și instalații interioare, și îmbunătățirea prescripțiilor și normativelor privind proiectarea și executarea construcțiilor electrice din mediul rural [2].

Marea majoritate a satelor care urmează să fie electrificate vor fi legate la rețelele sistemului energetic național sau la rețelele locale de medie tensiune, ceea ce arată rolul important care-l ocupă rețelele de distribuție de înaltă și joasă tensiune în cadrul instalațiilor de electrificare rurală.

Una dintre soluțiile tehnice cele mai eficace pentru reducerea prețului de cost și consumului de materiale la rețelele de înaltă tensiune pentru electrificări rurale este sistemul de distribuție folosind pămînt drept conductor. O rețea sistem doi conductori—pămînt (prescurtat DCP) este, de fapt, o rețea trifazată, una dintre faze fiind legată la pămînt, atît la transformatorul de alimentare cît și la transformatoarele coborîtoare, astfel că pe această fază curentul circulă prin pămînt (fig. 1).

Folosirea pămîntului drept conductor a format obiectul preocupărilor tehnicienilor din mai multe țări încă de la începutul acestui secol. Astfel, în Franța s-au făcut studii și încercări pentru utilizarea pămîntului drept conductor la linii trifazate de înaltă tensiune, între anii 1916 și 1923. Totuși, în rețelele de curent alternativ, în tehnica apuseană nu s-a introdus acest sistem de distribuție. Pentru transportul energiei electrice în curent continuu, în ultimele decenii, la traversarea unor brațe de mare, s-a utilizat în cîteva țări apa mării drept conductor de întoarcere. Astfel, în 1956, s-a pus în funcțiune instalația electrică de transport de 100 kV curent continuu, constituită dintr-un cablu submarin de 100 km lungime, curentul întorcîndu-se prin apa mării. Această instalație servește pentru transportul unei puteri de 20 MW de pe continent pe insula suedeză Gottland. În Canada, apa mării servește în permanență drept conductor într-o linie trifazată, care cuprinde două cabluri monopolare și care alimentează o insulă situată la circa 5 km de continent [12].

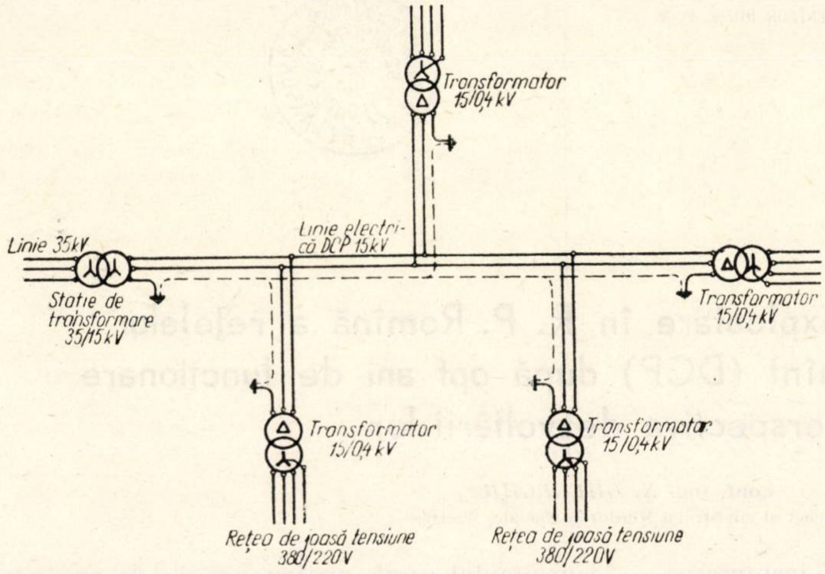

Transformator 15/0,4 kV
Linie electrică DCP 15 kV
Linie 35 kV
Stație de transformare 35/15 kV
Transformator 15/0,4 kV
Transformator 15/0,4 kV
Transformator 15/0,4 kV
Rețea de joasă tensiune 380/220 V
Rețea de joasă tensiune 380/220 V

Fig. 1. Schema multifilară a unei rețele DCP de 15 kV pentru electrificări rurale.

Folosirea pămîntului drept conductor în rețelele trifazate de înaltă tensiune a găsit cea mai mare dezvoltare în Uniunea Sovietică, unde rețelele electrice de înaltă tensiune DCP au căpătat o răspîndire din ce în ce mai mare. Datorită unor particularități de funcționare a

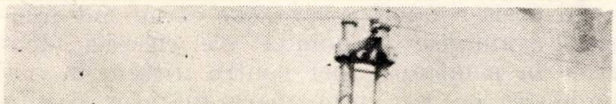


Fig. 2. Stîlp de beton armat centrifugat al unei linii de 15 kV DCP din sistemul Scorțaru, cu coborîre la priză în cablu.

Fig. 3. Stîlp de lemn al unei linii de 15 kV DCP din sistemul Scorțaru, cu coborîre la priză pe izolatoare.

acestui sistem, rețelele DCP s-au folosit îndeosebi pentru electrificări rurale și într-o mai mică măsură pentru alimentarea consumatorilor industriali.

1. Dezvoltarea rețelelor DCP în R.P.Romînă

În țara noastră s-au întreprins în 1942 și 1945, de către autor, experiențe asupra utilizării sistemului DCP la linii aeriene de 5 și 15 kV și s-a întocmit proiectul unei linii de 15 kV de circa 4,7 km lungime în Regiunea București [4], [8].

În timpul realizării primului plan de electrificare de 10 ani a Republicii Populare Romîne a apărut necesitatea de a se executa rețele electrice rurale cît mai economice, în care scop s-au reluat experiențele cu sistemul DCP. Astfel, în 1953 s-a proiectat de către un colectiv de ingineri sub conducerea autorului și în 1954 s-a pus în funcțiune cea dintîi rețea de electrificări rurale din țara noastră, executată după sistemul doi conductori-pămînt. Această rețea era formată din trei linii de 15 kV în lungime totală de circa 20,9 km, alimentate de la stația de 35/15 kV Scorțaru-Nou, echipată cu un transformator de 1 000 kVA. La aceste linii DCP de 15 kV au fost legate din primul an de funcționare un număr de șapte posturi de

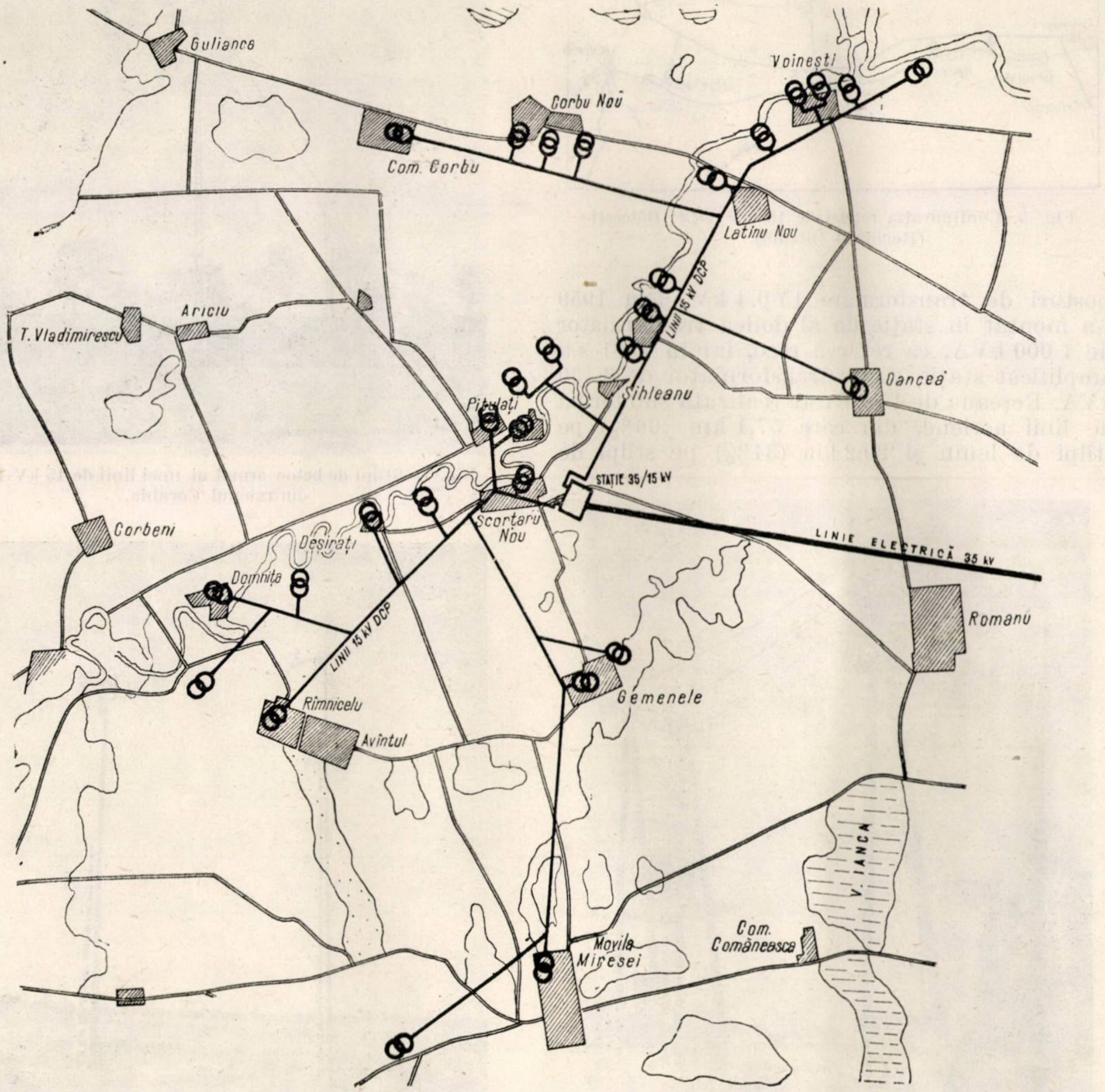

Gulianca
Corbu Nou
Com. Corbu
Voinești
Latinu Nou
LINII 15 kV DCP
Ariciu
T. Vladimirescu
Dancea
Sihleanu
Pitulați
STAȚIE 35/15 kV
Scorțaru Nou
LINIE ELECTRICĂ 35 kV
Corbeni
Deșirați
Domnița
LINII 15 kV DCP
Romanu
Gemenele
Rimnicelu
Avîntul
V. IANCA
Com. Comăneasca
Movila Miresei

Fig. 4. Configurația rețelei de 15 kV DCP din sistemul Scorțaru (Regiunea Galați).

transformare 15/0,4 kV, care alimentau cu energie electrică o serie de sate din Regiunea Galați (fig. 2 și 3). În continuare, rețeaua s-a dezvoltat, ajungîndu-se la sfîrșitul anului 1962 la o lungime totală de linii de 15 kV sistem DCP de 86,3 km, la care sînt racordate 30 posturi de transformare 15/0,4 kV. Din 1959 s-a montat în stație un al doilea tranformator de 1 000 kVA, ca rezervă rece, iar în 1961 s-a amplificat stația cu un transformator de 3 150 kVA. Rețeaua de 15 kV este realizată sub formă de linii aeriene, din care 57,1 km (66%) pe stîlpi de lemn și 29,2 km (34%) pe stîlpi de beton armat. În figura 4 este reprezentată configurația rețelei de 15 kV DCP din sistemul Scorțaru-Nou.

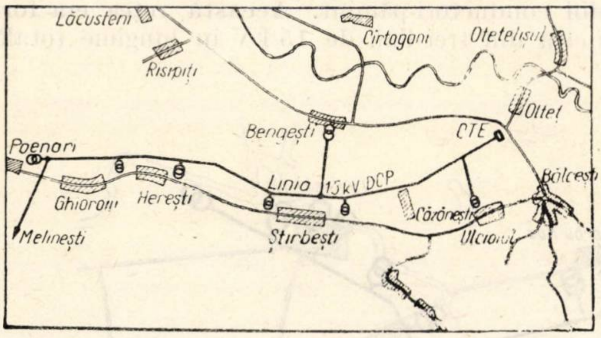


Fig. 5. Configurația rețelei de 15 kV DCP Bălcești (Regiunea Oltenia).

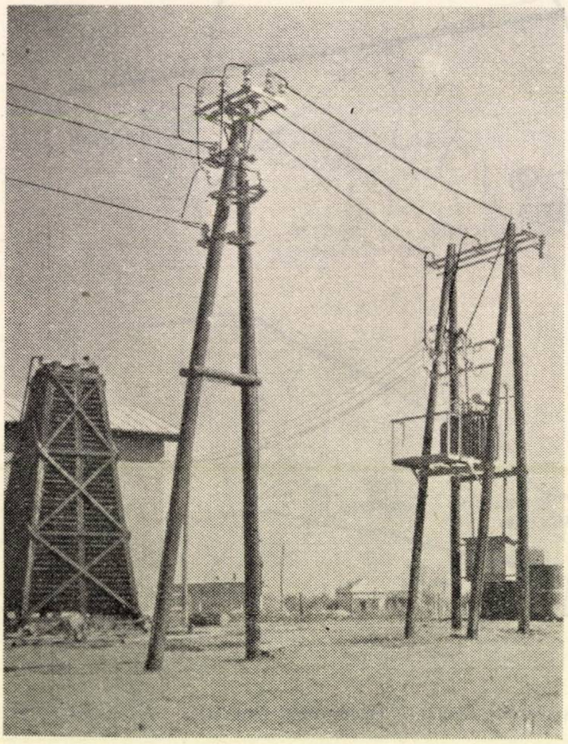


Fig. 6. Vederea postului de transformare ridicător 0,4/15 kV de la microcentrala termică Bălcești.

În 1955 s-a pus în funcțiune linia de 15 kV DCP Fîntînele-Sîngeorgiu de Pădure, de 5,7 km lungime, cu o derivație de 0,5 km lungime spre Viforoasa. Această linie este alimentată printr-un transformator de izolare 15/15 kV din centrala termoelectrică Fîntînele.

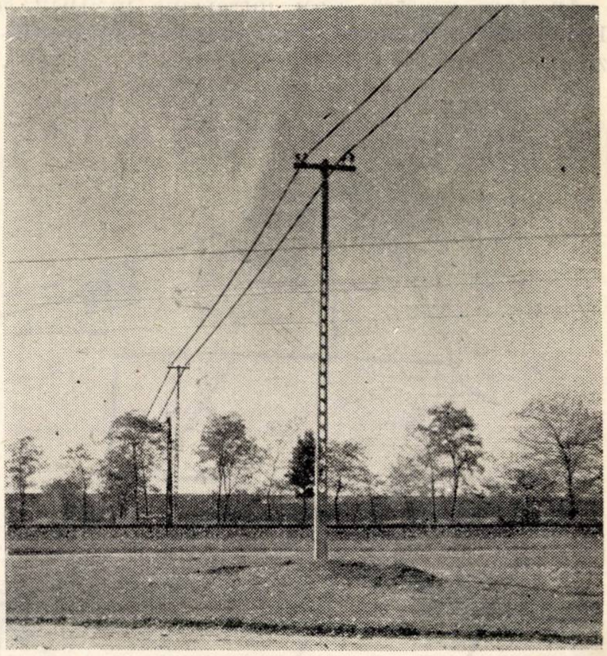


Fig. 7. Stîlpi de beton armat ai unei linii de 15 kV DCP din raionul Corabia.

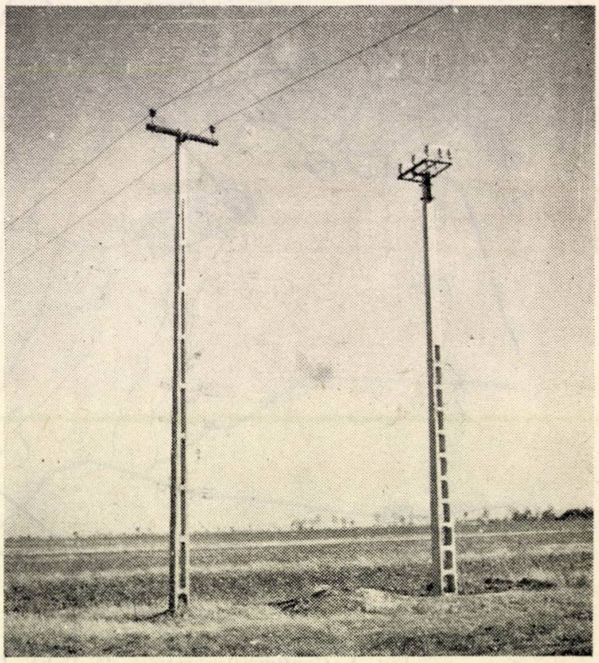


Fig. 8. Stîlpi de beton armat ai unei linii de 15 kV DCP din raionul Corabia cu o derivație prin separator, în timpul construcției.

În anul 1956 a fost dată în exploatare rețeaua DCP de 15 kV Bălcești, din Regiunea Oltenia, în lungime de 15,4 km, construită pe stîlpi

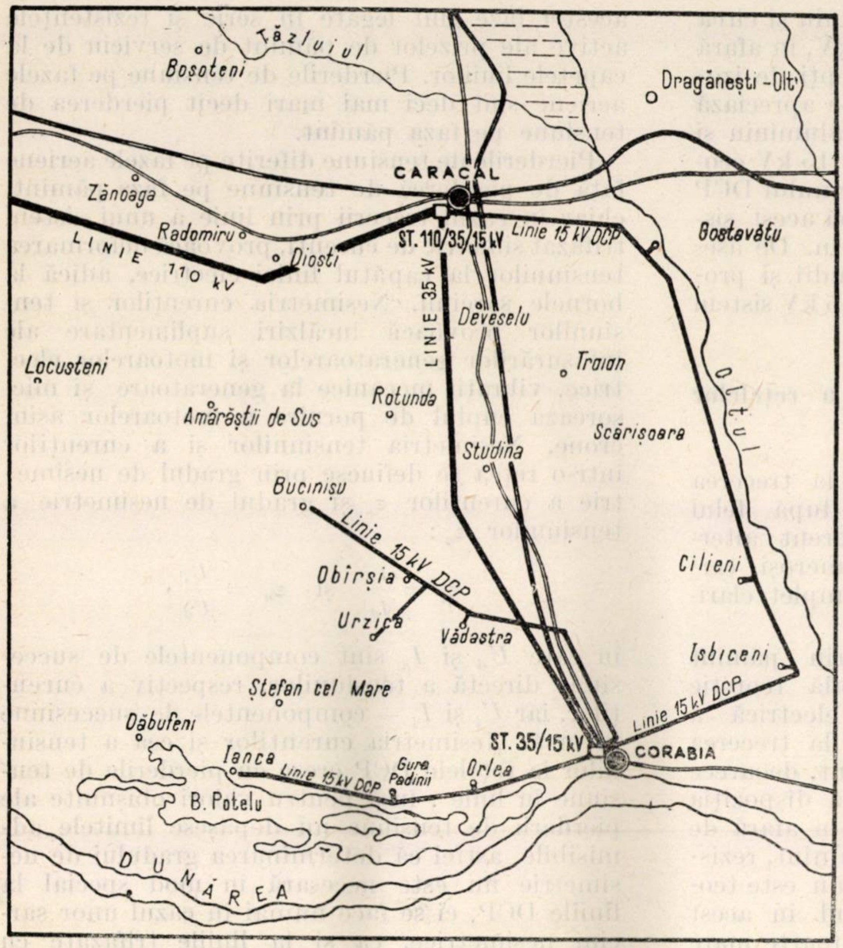

Tăzlui
Boşoteni
Drăgănești-Olt
Zănoaga
CARACAL
Linie 110 kV
Radomiru
Diosti
ST. 110/35/15 kV
Linie 15 kV DCP
Bostavățu
LINIE 35 kV
Devéselu
Locusteni
Traian
Rotunda
Amărăştii de Sus
Scărişoara
Studina
Olt
Bucinișu
Linie 15 kV DCP
Obîrşia
Cilieni
Urzica
Vădastra
Isbiceni
Ştefan cel Mare
Dăbuleni
ST. 35/15 kV
Linie 15 kV DCP
CORABIA
Ianca
Gura Padinii
Orlea
Linie 15 kV DCP
B. Potelu
DUNĂREA

Fig. 9. Configurația rețelei de 15 kV DCP din raioanele Caracal și Corabia (Regiunea Oltenia).

de lemn. Rețeaua a fost legată la o mică centrală electrică cu grupuri Diesel prin intermediul unui post de transformare ridicător 0,4/15 kV și a alimentat cinci posturi de transformare 15/0,4 (fig. 5 și 6). Din 1962 linia a fost conectată la stația de 35/15 kV Melinești printr-un transformator de izolare, astfel că lungimea totală a rețelei de 15 kV DCP este 36 km și alimentează în prezent șapte posturi de transformare.

Elementele constructive și schemele liniilor, posturilor de transformare și stațiilor funcționînd după sistemul DCP au fost tipizate în cursul anului 1961, pe baza experienței cîștigate la rețelele DCP existente și pe baza datelor din literatura tehnică sovietică. În urma rezultatelor încurajatoare obținute în exploatarea rețelelor DCP și în scopul reducerii mai departe a costurilor lucrărilor de electrificarea satelor, precum și pentru accelerarea ritmului de dezvoltare a acestei acțiuni, s-au luat măsuri de extindere a acestui sistem.

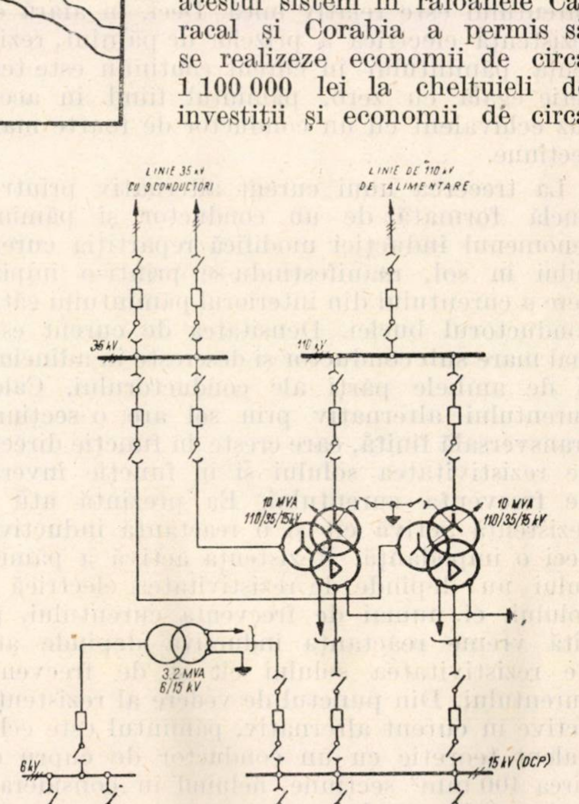

LINIE 35 kV CU 3 CONDUCTORI
LINIE DE 110 kV DE ALIMENTARE
35 kV
110 kV
10 MVA 110/35/15 kV
10 MVA 110/35/15 kV
3,2 MVA 6/15 kV
6 kV
15 kV (DCP)
LINII DE 6 kV CU 3 CONDUCTORI PENTRU ELECTRIFICARE URBANĂ
LINII 15 kV (DCP) PENTRU ELECTRIFICĂRI RURALE

Fig. 10. Schema stației de 110/15/6 kV Caracal, care alimentează o rețea de 15 kV DCP.

Astfel, în raioanele Caracal și Corabia, din Regiunea Oltenia, s-au construit în anii 1961 și 1962 și s-au pus în funcțiune în 1962 linii de 15 kV DCP, în lungime totală de 121,6 km, alimentînd un număr de 32 posturi de transformare (fig. 7 și 8). Aceste linii sînt conectate la stațiile de 110/35/15 kV Caracal și 35/15 kV Corabia, care au fost proiectate ținîndu-se seamă de particularitățile de funcționare a sistemului (fig. 9). Stația Caracal a fost prevăzută cu două transformatoare de 110/35/15 kV de 10 MVA, alimentînd satele din jur la tensiunea de 15 kV prin linii de 15 kV sistem DCP, și cu un transformator de izolare 15/6 kV, alimentînd orașul prin linii de 6 kV cu trei conductori (fig. 10). Lungimea totală a liniilor de 15 kV DCP în funcțiune este în prezent de 249,5 km, iar numărul posturilor de transformare racordate la această rețea este 71. Aplicarea acestui sistem în raioanele Caracal și Corabia a permis să se realizeze economii de circa 1 100 000 lei la cheltuieli de investiții și economii de circa

20 000 kg conductori de oțel—aluminiu și circa 1 900 bucăți izolatoare rigide de 15 kV, în afară de economiile de suporți curbi și drepți de izolatoare, cleme și alte materiale. Se apreciază la 37 500 kg conductori de oțel — aluminiu și la 5 100 bucăți izolatoare rigide de 15 kV economiile obținute prin utilizarea sistemului DCP la liniile funcționînd în prezent după acest sistem, în lungime totală de 249,5 km. De asemenea, sînt în curs de întocmire studii și proiecte pentru executarea de rețele de 15 kV sistem DCP și în alte regiuni ale țării.

2. Particularitățile de funcționare a rețelelor electrice DCP

Fenomenele fizice care se petrec la trecerea curentului prin sol sînt diferite, după felul curentului : curent continuu sau curent alternativ. Ele au fost studiate de numeroși cercetători și sînt în prezent aproape complet clarificate [4], [6], [11].

Trecerea curentului continuu prin pămînt se face printr-o secțiune transversală teoretic infinită, astfel că rezistivitatea electrică a solului prezintă importanță numai la trecerea curentului în jurul prizelor de pămînt, deoarece în aceste zone secțiunea care stă la dispoziția curentului este relativ mică. Deci, în afară de rezistența electrică a prizelor de pămînt, rezistența pămîntului în curent continuu este teoretic egală cu zero, pămîntul fiind în acest caz echivalent cu un conductor de foarte mare secțiune.

La trecerea unui curent alternativ printr-o buclă formată de un conductor și pămînt, fenomenul inducției modifică repartiția curentului în sol, manifestîndu-se printr-o împingere a curentului din interiorul pămîntului către conductorul buclei. Densitatea de curent este mai mare sub conductor și descrește în adîncime și de ambele părți ale conductorului. Calea curentului alternativ prin sol are o secțiune transversală finită, care crește în funcție directă de rezistivitatea solului și în funcție inversă de frecvența curentului. Ea prezintă atît o rezistență activă cît și o reactanță inductivă, deci o impedanță. Rezistența activă a pămîntului nu depinde de rezistivitatea electrică a solului, ci numai de frecvența curentului, pe cîtă vreme reactanța inductivă depinde atît de rezistivitatea solului cît și de frecvența curentului. Din punctul de vedere al rezistenței active în curent alternativ, pămîntul este echivalent teoretic cu un conductor de cupru de circa 400 mm² secțiune, neluînd în considerare rezistențele prizelor.

La liniile electrice de înaltă tensiune, funcționînd după sistemul DCP, impedanțele pe cele trei faze nu sînt identice, și în general impedanțele fazelor aeriene sînt mai mari decît impedanța fazei pămînt, cu toate că în circuitul acestei faze sînt legate în serie și rezistențele active ale prizelor de pămînt de serviciu de la capetele liniilor. Pierderile de tensiune pe fazele aeriene sînt deci mai mari decît pierderea de tensiune pe faza pămînt.

Pierderile de tensiune diferite pe fazele aeriene față de pierderea de tensiune pe faza pămînt, chiar în cazul trecerii prin linie a unui sistem trifazat simetric de curenți, provoacă deformarea tensiunilor la capătul liniei electrice, adică la bornele sarcinii. Nesimetria curenților și tensiunilor provoacă încălziri suplimentare ale înfășurărilor generatoarelor și motoarelor electrice, vibrații mecanice la generatoare și micșorează cuplul de pornire a motoarelor asincrone. Nesimetria tensiunilor și a curenților într-o rețea se definesc prin gradul de nesimetrie a curenților ε_i și gradul de nesimetrie a tensiunilor ε_u :

$$\varepsilon_i = \frac{|I_i|}{|I_d|} \quad \text{și} \quad \varepsilon_u = \frac{|U_i|}{|U_d|},$$

în care U_d și I_d sînt componentele de succesiune directă a tensiunilor, respectiv a curenților, iar U_i și I_i — componentele de succesiune inversă. Nesimetria curenților și cea a tensiunilor la rețelele DCP cresc cu pierderile de tensiune în linie , însă pentru valori obișnuite ale pierderii de tensiune nu depășesc limitele admisibile, astfel că determinarea gradului de nesimetrie nu este necesară în mod special la liniile DCP, ci se face numai în cazul unor sarcini nesimetrice, ca și la liniile trifazate cu trei conductori. Mai jos se vor arăta și observațiile în exploatare asupra nesimetriei rețelelor DCP.

Pierderile de putere și deci de energie în faza pămînt sînt mai mici decît în fazele aeriene, deoarece suma rezistenței active a fazei pămînt și a rezistențelor prizelor este în general mai mică decît rezistența activă a unei faze aeriene. Inversarea raportului valorilor rezistențelor are loc numai în cazul unor linii foarte scurte DCP, cînd însăși aplicarea sistemului DCP nu mai este economică. Rezultă că în toate cazurile pierderile de energie în rețelele DCP sînt mai mici decît în rețelele trifazate cu trei conductori.

Expresiile pentru calculul pierderilor de putere sînt :

$$\Delta P_{3c} = 3R_c l I^2$$

$$\Delta P_{\mathrm{DCP}} = 2R_c l I^2 + [R_g l + R_{p1} + R_{p2}] I^2,$$

în care :

ΔP_{3c} reprezintă pierderile de putere într-o linie cu trei conductori, kW ;

ΔP_{DCP} — pierderile de putere într-o linie DCP, kW ;

R_c — rezistența activă a conductorului fazelor aeriene pe unitate de lungime, kΩ/km ;

l — lungimea liniei, km;
I — curentul pe fază, A;
R_g — rezistența activă a căii de curgere a curentului prin pămînt pe unitate de lungime, kΩ/km;
R_{p1}, R_{p2} — rezistențele de trecere ale prizelor de pămînt de la capetele liniei, kΩ.

Cu formulele de mai sus s-au calculat pierderile de putere în rețelele trifazate obișnuite și în rețelele sistem DCP, pornind de la parametrii reali ai unor rețele construite, și s-a reprezentat raportul acestor pierderi în funcție de lungimea liniei [9]. Reprezentînd într-o diagramă variația raportului pierderilor în funcție de lungimea liniei (fig. 11), rezultă că pentru lungimi de linii mai mari de cîțiva kilometri, pierderile de putere, deci și de energie, în rețelele DCP sînt mai mici decît în rețelele trifazate obișnuite.

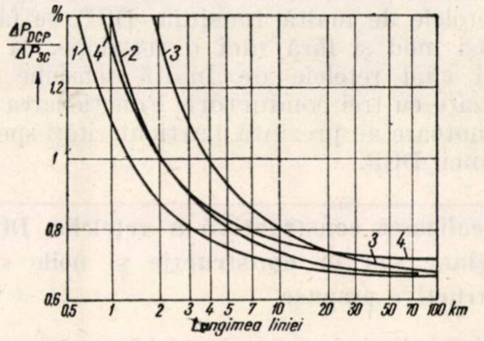


Fig. 11. Variația raportului dintre pierderile de putere într-o rețea DCP și cele într-o rețea cu trei conductori, în funcție de lungimea liniei:

1 — linie cu conductori de oțel de 6 mm diametru, rezistența prizei 14 ohmi; 2 — linie cu conductori de oțel de 35 mm², rezistența prizei 8 ohmi; 3 — linie cu conductori de 16 mm² cupru, rezistența prizei 4,5 ohmi; 4 — linie cu conductori de 35 mm² cupru, rezistența prizei 1 ohm.

La rețelele DCP, prin legarea unei faze la pămînt, tensiunile celorlalte două faze față de pămînt cresc de $\sqrt{3}$ ori, adică devin egale cu tensiunile dintre faze de la rețelele trifazate obișnuite. Neutrul transformatoarelor funcționează sub tensiunea pe fază, iar bornele fazelor nelegate la pămînt sub tensiunea între faze. De aceea transformatoarele legate la rețelele DCP trebuie să aibă izolația neutrului dimensionată cel puțin pentru tensiunea pe fază, ceea ce este totdeauna cazul pentru tensiunile de cel mult 35 kV, la care se întrebuințează sistemul DCP. Izolația conductorilor liniilor și stațiilor și izolația aparatelor din aceste rețele nu trebuie totuși dimensionate la un nivel mai ridicat decît izolația rețelelor obișnuite cu trei conductori, deoarece această izolație este impusă de solicitările ce au loc în cazul supratensiunilor atmosferice. În legătură cu creșterea tensiunilor fazelor față de pămînt ale rețelelor DCP, se pune problema dacă acest fapt nu provoacă o intensificare a procesului de îmbătrînire a izolatoarelor, ceea ce ar face ca izolația să fie slăbită cu timpul, să provoace avarii și să necesite scoaterea ei din funcțiune într-un timp mai scurt ca la liniile trifazate obișnuite. Or, cercetarea valorilor pierderilor prin izolatoare, care determină viața izolației, arată că aceste pierderi la liniile DCP sînt mai mici decît la liniile aeriene de 35, 110 kV și de tensiuni mai mari, deci fenomenul de îmbătrînire nu este mai activ decît la aceste rețele. Transformatoarele, separatoarele, siguranțele și întreruptoarele de înaltă tensiune de fabricație curentă rezistă de asemenea în bune condiții la condițiile de tensiune produse de rețelele DCP.

În rețelele DCP, orice punere la pămînt accidentală a unei faze aeriene reprezintă un scurtcircuit bifazat, astfel că linia este imediat deconectată de întreruptorul automat. Deoarece la liniile aeriene punerile monofazate la pămînt reprezintă cele mai frecvente deranjamente, iar marea lor majoritate sînt trecătoare, numărul anual specific (pe unitate de lungime) de declanșări este mai mare la rețelele DCP decît la rețelele trifazate cu trei conductori, unde deconectarea imediată a punerilor la pămînt trecătoare sau persistente nu este obligatorie. Prin montarea de dispozitive de acționare cu reanclanșare automată rapidă la întreruptoarele plecărilor se elimină majoritatea defectelor trecătoare, astfel că acestea nu provoacă decît în puține cazuri întreruperea alimentării cu energie electrică a consumatorilor. Restul defectelor trecătoare sînt eliminate prin reanclanșarea manuală a întreruptoarelor de către electricianul de serviciu al stației. Punerile la pămînt persistente sînt deconectate după reanclanșarea nereușită, astfel că trebuie să se treacă imediat la remedierea defectului, pentru a scurta timpul de întrerupere a consumatorilor. Acesta este unul din motivele pentru care rețelele DCP nu se întrebuințează pentru alimentarea consumatorilor urbani și industriali importanți. Totuși, numărul specific de întreruperi la rețelele DCP, în cazul echipării stațiilor cu întreruptoare cu reanclanșare automată, nu este mult diferit de cel înregistrat la rețelele trifazate obișnuite.

Cîmpul magnetic al buclei, formată de conductorii de fază și pămînt, induce forțe electromotoare în conductorii liniilor de telecomunicații și de semnalizări, chiar la funcționarea normală a liniilor de energie electrică, construite după sistemul DCP. În literatura tehnică există metode pentru calculul forțelor electromotoare longitudinale induse și al forțelor electromotoare de zgomot, produse prin inducție electrostatică și electromagnetică, și scheme pentru protecția circuitelor de telecomunicații împotriva influenței perturbătoare a liniilor DCP. Cel mai simplu și mai eficace mijloc de protecție este îndepărtarea traseului liniilor

DCP de liniile de telecomunicații, și acest mijloc se folosește în majoritatea cazurilor.

La stațiile de transformare de alimentare și la posturile de transformare coborîtoare din rețelele DCP se amenajează prize de pămînt de serviciu prin care se scurg la pămînt curenții de pe una din fazele rețelei. Prizele de pămînt trebuie să fie executate după regulile tehnice stabilite de prescripții pentru a nu periclita viața oamenilor și animalelor, cu atît mai mult cu cît ele sînt străbătute în permanență de curentul pe fază. La priza de pămînt de serviciu se leagă faza pămînt, neutrul rețelei de joasă tensiune, cît și toate părțile metalice ale instalației care în mod normal nu sînt sub tensiune, dar care pot fi accidental sub tensiune. Cu alte cuvinte, priza de serviciu a rețelei DCP servește în același timp drept priză de protecție și drept priză de serviciu a rețelei de joasă tensiune. Coborîrile la priza de pămînt comună se fac separat pentru legăturile la pămînt de serviciu și pentru legătura la pămînt de protecție (fig. 12). Prizele de pămînt trebuie să îndeplinească condiții din punctul de vedere al încălzirii la funcționare normală și la scurtcircuite și din punctul de vedere al securității oamenilor și animalelor. În cazul cînd nu se poate realiza condiția de securitate, prizele se îngrădesc, astfel ca în afara terenului îngrădit tensiunea de pas la funcționare normală să nu depășească 40 V.

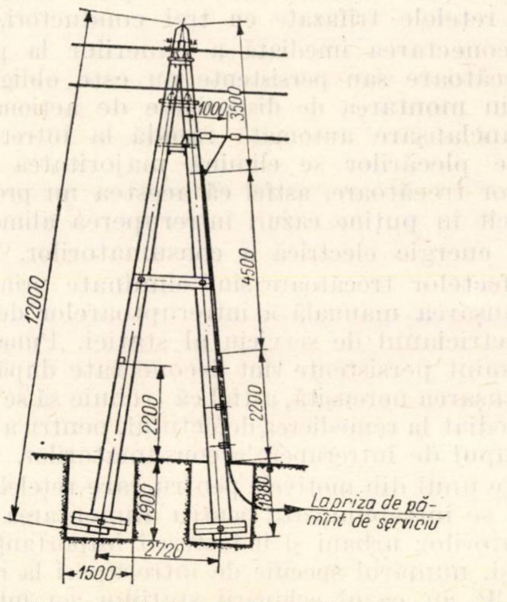


Fig. 12. Stîlp de întindere de lemn al unei linii de 15 kV DCP cu coborîre la o priză de pămînt de serviciu (soluție nouă).

Dată fiind importanța deosebită pe care o prezintă prizele de pămînt în rețelele DCP, se impune o verificare cu grijă a lor înainte de punerea lor în funcțiune și periodic, în timpul exploatării.

Legarea directă a unei linii DCP la o rețea trifazată cu trei conductori în general nu este admisă, deoarece în acest caz întreaga rețea va avea particularitățile liniilor DCP chiar pe porțiunile unde există trei conductori (tensiuni mai mari față de pămînt ale fazelor aeriene, scurtcircuit bifazat la orice punere la pămînt etc.).

Regulile tehnice nu admit legarea generatoarelor de 6 kV ale centralelor electrice rurale direct la o rețea de 6 kV funcționînd după schema DCP. Conectarea motoarelor de 6 kV la o rețea DCP de 6 kV, de asemenea, nu este admisă. Între generatoare sau motoare de 6 kV și o rețea DCP de 6 kV trebuie să se instaleze obligatoriu transformatoare de izolare, pentru ca generatoarele și motoarele să nu funcționeze cu o fază legată la pămînt. Nu există însă nici o restricție privind conectarea generatoarelor de joasă tensiune prin transformatoare ridicătoare la o rețea DCP de 6 sau 15 kV. Conectarea motoarelor trifazate la rețelele de joasă tensiune, alimentate prin posturi de transformare, legate la rețelele de înaltă tensiune DCP, se face în același mod și fără nici o restricție, ca și în cazul cînd rețelele de înaltă tensiune ar fi realizate cu trei conductori. Funcționarea acestor motoare nu prezintă particularități specifice schemei DCP.

3. Realizarea constructivă a rețelelor DCP în funcțiune sau în construcție și noile soluții constructive propuse

Primele linii electrice de 15 kV cu doi conductori și pămînt (DCP) construite în țara noastră au fost executate pe stîlpi de lemn și izolatoare pe suporți curbi. S-a păstrat așezarea obișnuită a conductorilor pe stîlpi, montîndu-se numai cei doi conductori de deasupra, iar stîlpii liniei au fost plasați la distanța corespunzătoare liniilor cu trei conductori, permițînd o eventuală montare a conductorului fazei a treia. Izolația liniilor DCP s-a asigurat în cea mai mare parte cu izolatoare Delta 15 kV, ca și la liniile echipate cu trei conductori. Ulterior, în rețeaua de 15 kV DCP din sistemul Scorțaru extinderile s-au făcut prin linii pe stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat. Pe o parte din aceste linii s-au montat izolatoare Delta 20 kV, fără ca rezultatele de exploatare să confirme necesitatea de a se instala pe stîlpii de beton izolatoare de o clasă superioară tensiunii nominale a liniei.

La început, posturile de transformare racordate la rețelele DCP s-au executat la fel cu cele racordate la linii electrice cu trei conductori, și anume cu separatoare și cadre de siguranțe tripolare. Siguranțele de înaltă tensiune s-au montat însă numai pe fazele aeriene.

Rețeaua de 15 kV DCP din Regiunea Galați a fost alimentată de la o stație de 35/15 kV, separîndu-se astfel electric rețeaua de 15 kV DCP de rețeaua de 35 kV funcționînd cu neutrul izolat. La stație, protecția plecărilor liniilor de 15 kV DCP s-a realizat prin relee maximale montate numai pe fazele aeriene. Transformatoarele de curent s-au prevăzut, de asemenea, numai pe fazele aeriene. Pentru determinarea directă a curentului din faza pămînt s-a prevăzut un ampermetru conectat după schema pentru măsurarea sumei curenților din cele două faze aeriene. Transformatorul de tensiune s-a conectat în triunghi deschis cu punctul din mijloc la priza de pămînt generală. Contoarele trifazate cu două echipamente de măsură s-au conectat astfel încît curenții să fie aduși de la cele două faze aeriene, și nu de la cea legată la pămînt.

Pentru a se evita orice pericol de electrocutare pentru animale și oameni, prizele de pămînt de serviciu ale rețelei DCP s-au proiectat la primele linii cu deosebită grijă și s-au verificat prin măsurători rezistențele de trecere și tensiunile de pas, mergîndu-se pînă la adoptarea de măsuri exagerate de prevedere. Astfel, unele prize au fost îngrădite, deși rezistența lor de trecere era astfel dimensionată încît tensiunile de pas aveau în situațiile cele mai defavorabile valori mult mai reduse decît cele admise de prescripții. La aceste prize, conductorii de coborîre la pămînt s-au izolat de stîlpii respectivi prin izolatoare Delta 15 kV. La alte prize de pămînt, coborîrile s-au realizat prin cabluri de 15 kV montate pe stîlpi, legăturile dintre cabluri și electrozii din pămînt efectuîndu-se prin manșoane de înnădire. Din punct de vedere constructiv, prizele au fost executate de două tipuri : prize de suprafață și prize de adîncime. Prizele de suprafață s-au executat din mai multe țevi de 2″ diametru și de 2,5 m lungime, legate printr-un contur din bandă de oțel de 40 × 4 mm secțiune. Prizele de adîncime s-au realizat dintr-o singură țeavă fiecare de 2″ diametru și de 9 m lungime, introdusă într-o gaură verticală forată în pămînt, astfel ca partea superioară a țevii să se afle la o adîncime de 2 m de la suprafața solului.

Linia de 15 kV Fîntînele-Sîngeorgiu de Pădure a fost separată de restul rețelei de 15 kV cu trei conductori printr-un transformator de izolare de 15/15 kV, instalat la centrala Fîntînele. Rețeaua de 15 kV DCP Bălcești a fost legată inițial la generoatoarele de 0,4 kV ale microcentralei termice prin transformator de 0,4/15 kV.

Pe baza studiilor efectuate și a experienței de exploatare, s-au reproiectat elementele constructive ale acestor rețele în vederea tipizării și s-au întocmit instrucțiuni interne pentru proiectarea, construcția și exploatarea lor. Stîlpii noi proiectați de lemn, beton armat vibrat și beton centrifugat s-au dimensionat, după prescripțiile actuale pentru construcția liniilor electrice aeriene, la sarcini din regim normal de funcționare și regim de avarie. Linia avînd doi conductori, stîlpii de întindere s-au calculat în regim de avarie la ruperea unui singur conductor. S-a stabilit domeniul de utilizare a stîlpilor și echipamentul lor (deschideri la diferite secțiuni de conductori) în două variante : fără posibilitatea ulterioară de adăugare a celui de-al treilea

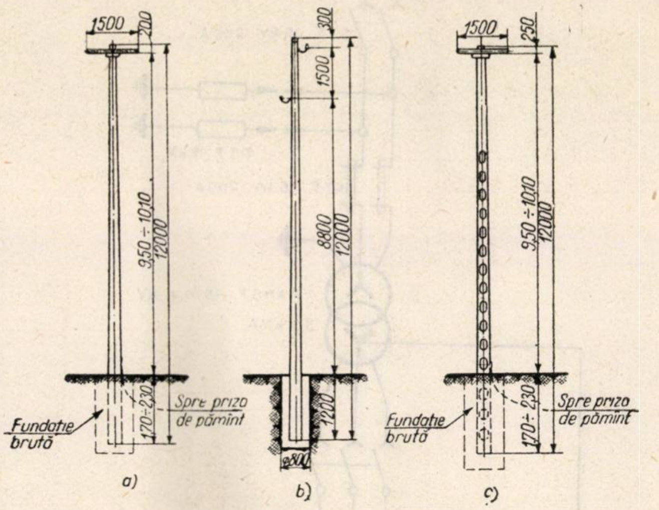


Fig. 13. Stîlpi de susținere din beton armat centrifugat (*a*), din lemn (*b*), din beton armat vibrat (*c*) ai liniilor de 15 kV DCP (soluție nouă).

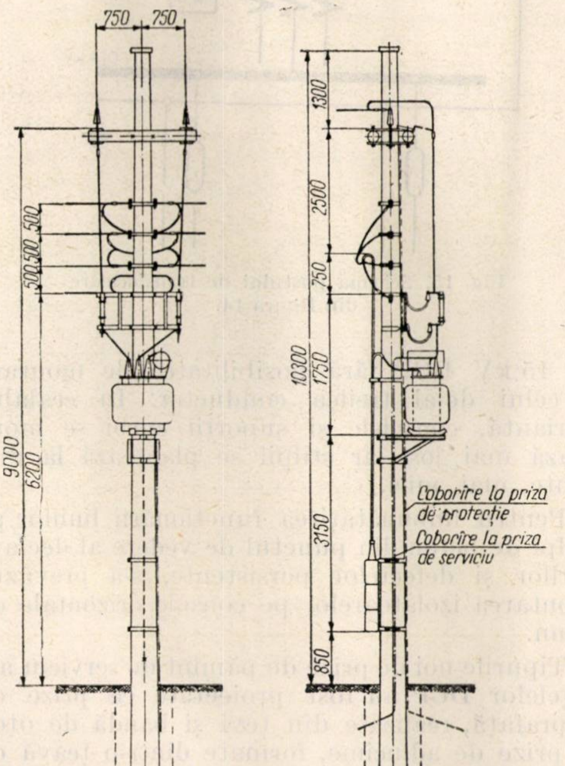


Fig. 14. Post de transformare 15/0,4 dintr-o rețea DCP (soluție nouă).

conductor și cu posibilitatea de adăugare ulterioară a conductorului al treilea. În prima variantă, linia permite realizarea unor deschideri mai mari între stîlpi. În figura 13 sînt reprezentați stîlpii de susținere ai liniilor de 15 kV DCP fără posibilitatea de montare a celui de-al treilea conductor. În cealaltă variantă, consolele și suporții curbi se montează mai jos, iar stîlpii se plantează la distanțe mai mici.

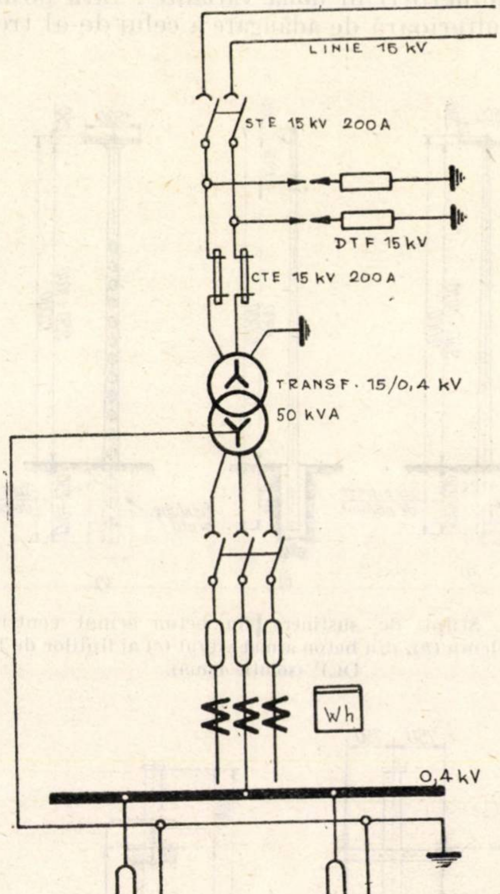

LINIE 15 kV
STE 15 kV 200A
DTF 15 kV
CTE 15 kV 200 A
TRANSF. 15/0,4 kV
50 kVA
Wh
0,4 kV

Fig. 15. Schema postului de transformare din figura 14.

Pentru îmbunătățirea funcționării liniilor pe stîlpi de beton din punctul de vedere al declanșărilor și defectelor persistente, s-a prevăzut montarea izolatoarelor pe console orizontale de lemn.

Tipurile noi de prize de pămînt de serviciu ale rețelelor DCP au fost proiectate ca prize de suprafață, realizate din țevi și bandă de oțel, și prize de adîncime, formate dintr-o țeavă de lungime mare.

La posturile de transformare aeriene pe stîlpi, coborîrile la priza comună de serviciu și de protecție se realizează separat și se montează direct pe stîlp. Deoarece la întreruperea coborîrii de serviciu tensiunea este foarte mare, s-a prevăzut în mod obligatoriu acoperirea ei cu apărătoare de lemn pe o înălțime de 2 – 3 m deasupra solului (fig. 12).

În ceea ce privește schema și construcția posturilor de transformare coborîtoare, partea de joasă tensiune (fig. 14) se realizează în același mod ca la rețelele trifazate obișnuite, iar partea de înaltă tensiune se execută bipolar (doi conductori, separatoare, cadre cu siguranțe și descărcătoare tubulare bipolare). Legătura la pămînt de serviciu se face direct de la bornele transformatorului (fig. 15).

La rețelele de 15 sau 6 kV funcționînd după schema DCP se adoptă o configurație asemănă-

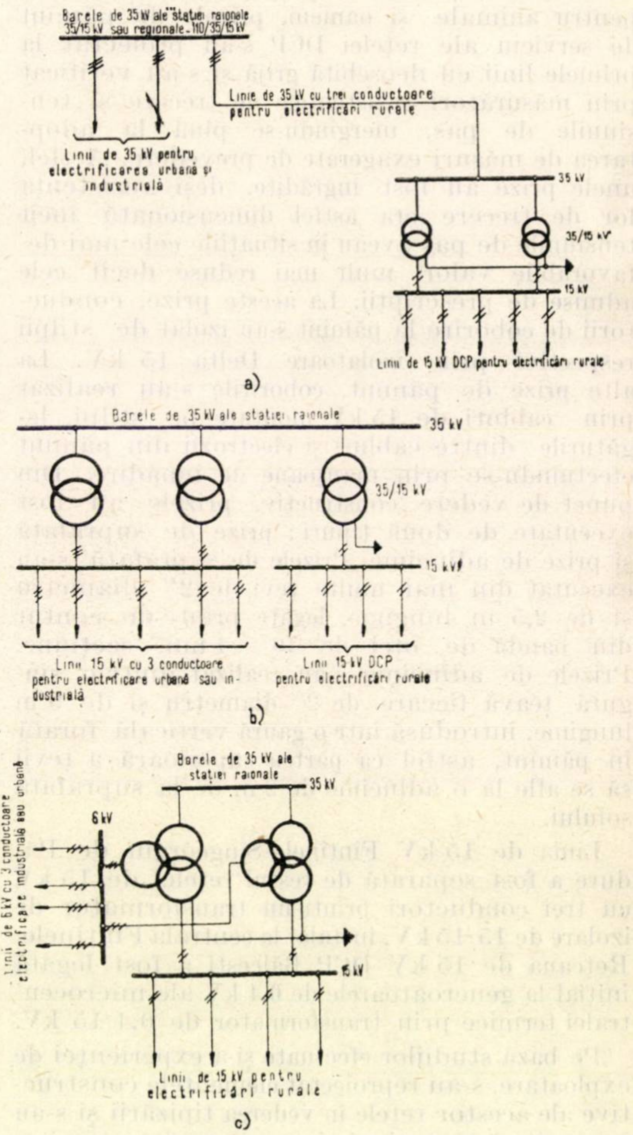

Barele de 35 kV ale stației raionale 35/15 kV sau regionale 110/35/15 kV
Linie de 35 kV cu trei conductoare pentru electrificări rurale
Linii de 35 kV pentru electrificarea urbană și industrială
35 kV
35/15 kV
15 kV
Linii de 15 kV DCP pentru electrificări rurale
a)
Barele de 35 kV ale stației raionale
35 kV
35/15 kV
15 kV
Linii 15 kV cu 3 conductoare pentru electrificare urbană sau industrială
Linii 15 kV DCP pentru electrificări rurale
b)
Barele de 35 kV ale stației raionale
35 kV
6 kV
Linii de 6 kV cu 3 conductoare electrificare industrială sau urbană
15 kV
Linii de 15 kV pentru electrificări rurale
c)

Fig. 16. Schemele stațiilor alimentînd rețele de 15 kV sistem DCP:

a – stație de 35/15 kV alimentînd numai linii de 15 kV DCP; *b* – stație de 35/15 kV alimentînd linii de 15 kV cu trei conductori și linii de 15 kV DCP; *c* – stație de 35/15/6 kV alimentînd linii de 6 kV cu trei conductori și linii de 15 kV DCP.

toare rețelelor trifazate obișnuite cu trei conductori, ținîndu-se seama de condițiile specifice privind conectarea lor la centrale electrice locale sau la sisteme energetice.

Schemele stațiilor de alimentare a rețelelor s-au stabilit pentru a se realiza separarea prin transformator a rețelelor DCP de rețelele cu trei conductori. Astfel se pot realiza stații de 35/15 kV la care partea de 15 kV să funcționeze în întregime în sistemul DCP, în cazul cînd se alimentează numai consumatori rurali (fig. 16, a). În cazul cînd stația trebuie să alimenteze și consumatori industriali și urbani, se prevede un transformator suplimentar 35/15 kV la care se leagă rețeaua DCP (fig. 16,b), sau se echipează stația cu transformatoare cu trei înfășurări 35/15/6 kV, la 6 kV alimentîndu-se liniile cu trei conductori și la 15 kV liniile DCP (fig. 16,c).

Pentru conectarea unor linii sistem DCP la o rețea trifazată cu trei conductori, este necesară instalarea unui post de transformare de izolare 15/15 kV. Postul de transformare de izolare se realizează ca în figura 17. Pe partea care alimentează linia DCP, faza a treia se leagă la priza de serviciu direct de la borna transformatorului. Pe partea cu trei conductori se realizează o protecție cu întreruptor, conform figurii 18.

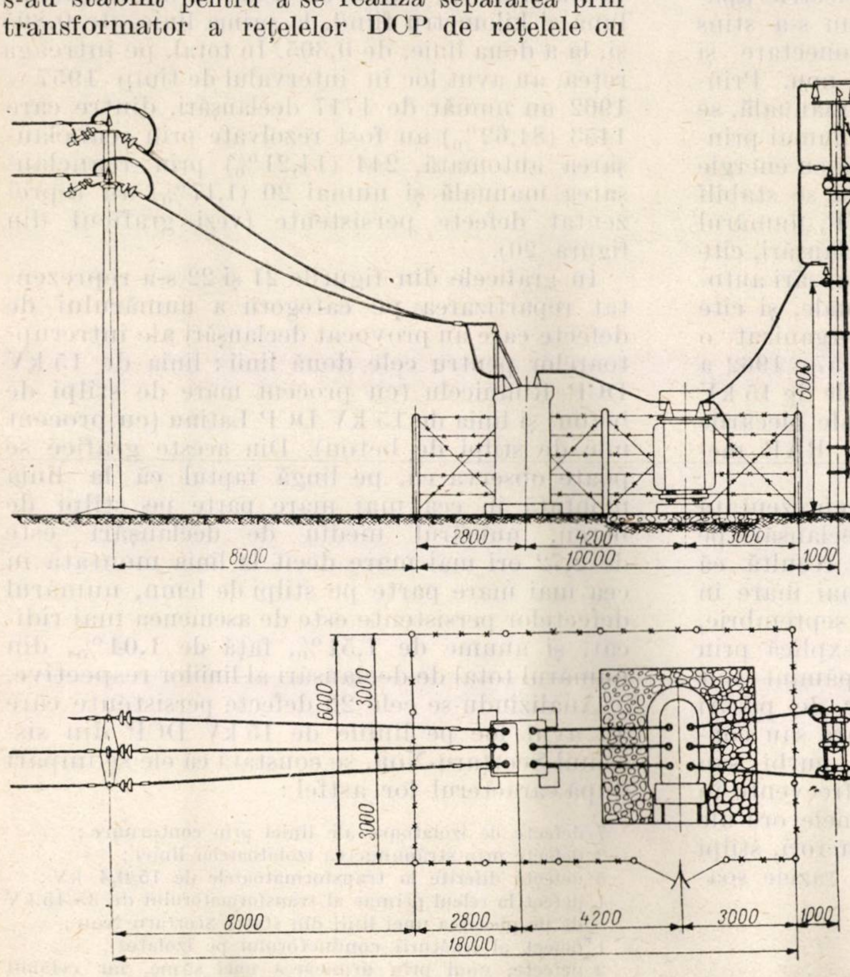


Fig. 17. Construcţia unui post de transformare de izolare 15/15 kV.

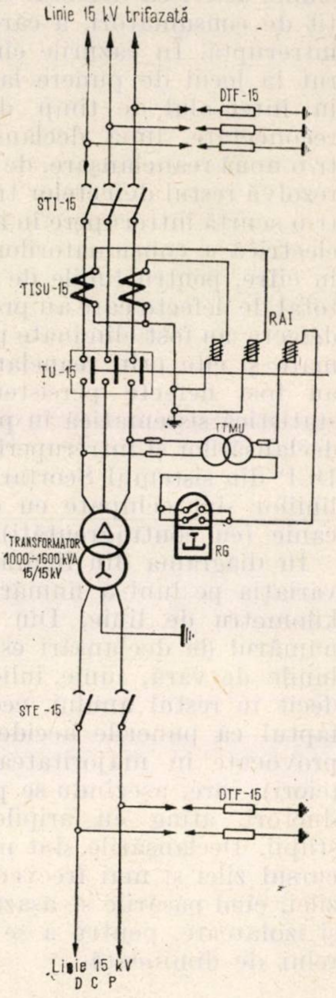


Fig. 18. Schema postului de transformare din figura 17.

4. Comportarea în exploatare a rețelelor de 15 kV DCP din R.P.R. *

În cursul funcționării rețelelor de 15 kV DCP s-a urmărit comportarea în exploatare a izolatoarelor, transformatoarelor și aparatelor instalate în aceste rețele și rezultatele în ceea ce privește siguranța în funcționare și continuitatea în alimentare cu energie electrică a consumatorilor. Rezultatele în exploatare a rețelelor DCP vor servi pentru studierea unor ameliorări constructive ale acestor rețele, în vederea îmbunătățirii acestor rezultate.

a) *Declanșări și avarii.* În rețelele de înaltă tensiune DCP, orice punere monofazată la pămînt reprezintă un scurtcircuit bifazat, și linia este deconectată imediat de întreruptorul automat din stație. Dispozitivele de reanclanșare automată repun imediat linia sub tensiune, astfel că defectul trecător nu este resimțit de consumatori, a căror alimentare nu este întreruptă. În cazurile cînd arcul electric apărut la locul de punere la pămînt nu s-a stins în intervalul de timp dintre deconectare și reconectare, linia declanșează din nou. Printr-o nouă reanclanșare, de astă dată manuală, se rezolvă restul defectelor trecătoare, numai printr-o scurtă întrerupere în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. Pentru a se stabili în cifre, pentru liniile de 15 kV DCP, numărul total de defecte care au provocat declanșări, cîte defecte au fost eliminate prin reanclanșări automate și cîte prin reanclanșări manuale, și cîte au fost defecte persistente, s-a organizat o statistică sistematică în perioada 1957—1962 a declanșărilor și întreruperilor pe liniile de 15 kV DCP din sistemul Scorțaru-Nou, unde plecările liniilor sînt echipate cu dispozitive RAR mecanic (cu contragreutăți).

---

* Autorul mulțumește conducerilor Întreprinderilor regionale de electricitate Galați, Oltenia și Sibiu pentru datele de exploatare puse la dispoziție.

În diagrama din figura 19 este reprezentată variația pe luni a numărului de declanșări pe kilometru de linie. Din diagramă rezultă că numărul de declanșări este mult mai mare în lunile de vară, iunie, iulie, august, septembrie, decît în restul anului, ceea ce se explică prin faptul că punerile accidentale la pămînt sînt provocate în majoritatea cazurilor de păsări (ciori), care, așezîndu-se pe izolatoare sau conductori, ating cu aripile suporții curbi sau stîlpii. Declanșările sînt mai puțin frecvente în cursul zilei și mai frecvente în primele ore ale zilei, cînd păsările se așază pe conductori, stîlpi și izolatoare, pentru a se încălzi la razele soarelui de dimineață.

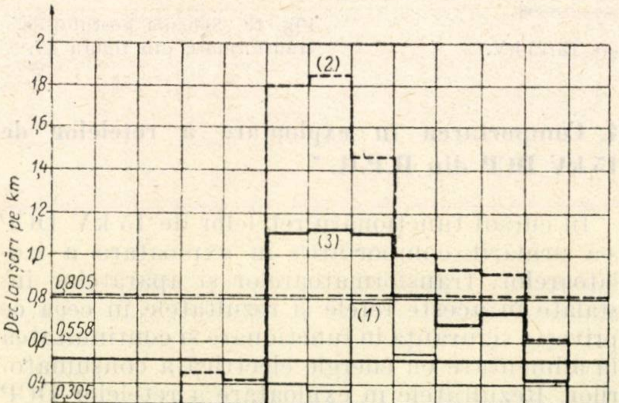


Fig. 19. Variația pe luni a numărului de declanșări pe km de linie în rețeaua de 15 kV DCP Scorțaru:
1 — linia de 15 kV Latinu; *2* — linia de 15 kV Rîmnicelu; *3* — întreaga rețea de 15 kV.

În diagrama din figura 19 se observă, de asemenea, că numărul specific de declanșări este mult mai ridicat la linia de 15 kV Rîmnicelu, montată în cea mai mare parte pe stîlpi de beton (47,3% procent de stîlpi de beton), decît la linia de 15 kV Latinu, care are un procent mult mai mic din lungimea sa pe stîlpi de beton (19,5%), numărul mediu de declanșări pe lună și kilometru fiind, la prima linie, de 0,805 și, la a doua linie, de 0,305. În total, pe întreaga rețea, au avut loc în intervalul de timp 1957—1962 un număr de 1717 declanșări, dintre care 1453 (84,62%) au fost rezolvate prin reanclanșarea automată, 244 (14,21%) prin reanclanșarea manuală și numai 20 (1,17%) au reprezentat defecte persistente (vezi graficul din figura 20).

În graficele din figurile 21 și 22 s-a reprezentat repartizarea pe categorii a numărului de defecte care au provocat declanșări ale întreruptoarelor pentru cele două linii: linia de 15 kV DCP Rîmnicelu (cu procent mare de stîlpi de beton) și linia de 15 kV DCP Latinu (cu procent mic de stîlpi de beton). Din aceste grafice se poate observa că, pe lîngă faptul că la linia montată în cea mai mare parte pe stîlpi de beton, numărul mediu de declanșări este de 2,72 ori mai mare decît la linia montată în cea mai mare parte pe stîlpi de lemn, numărul defectelor persistente este de asemenea mai ridicat, și anume de 1,51%, față de 1,04%, din numărul total de declanșări al liniilor respective.

Analizîndu-se cele 20 defecte persistente care au avut loc pe liniile de 15 kV DCP din sistemul Scorțaru-Nou, se constată că ele se împart după caracterul lor astfel:

7 defecte de izolatoare ale liniei prin conturnare;
3 defecte prin străpungerea izolatoarelor liniei;
5 defecte diferite la transformatoarele de 15/0,4 kV;
1 defect la releul primar al transformatorului de 35/15 kV de pe plecarea unei linii din stația Scorțaru-Nou;
1 defect al legăturii conductorului pe izolator;
2 defecte, unul prin aruncarea unei sîrme, iar celălalt prin căderea unui copac pe conductorii unei linii;
1 defect prin tragerea unui separator sub sarcină.

Din cele de mai sus se constată că, deși numărul de scurtcircuite la liniile DCP este relativ mare, totuși cea mai mare parte din ele nu sînt resimțite de către consumatori (84,6%), fiind eliminate prin reanclanșare automată; o parte relativ mică (14,2%) conduc numai la întreruperi scurte, fiind eliminate prin reanclanșări manuale, și un procent foarte mic din numărul total de scurtcircuite (1,17%) reprezintă defecte persistente, care provoacă întreruperi de durată mai mare. Din păcate, nu există o statistică suficient de bine organizată la liniile de 15 kV trifazate cu trei conductori, pentru a compara cifrele de mai sus cu numărul specific de puneri la pămînt, de scurtcircuite trecătoare și persistente la aceste linii.

În ceea ce privește rețeaua de 15 kV DCP Bălcești, din Regiunea Oltenia, în cei opt ani de exploatare s-a înregistrat o singură avarie, provocată de căderea unui copac pe linie.

Pe linia de 15 kV DCP Fîntînele — Sîngeorgiu de Pădure, numărul de declanşări a fost în cursul anului 1959 de 37, deci 6,49 declanşări pe kilometru şi an, faţă de 9,66 declanşări pe kilometru şi an la linia de 15 kV Latinu (construită în cea mai mare parte pe stîlpi de lemn), ceea ce arată că în regiunile mai puţin frecventate de păsări numărul de declanşări este mai scăzut.

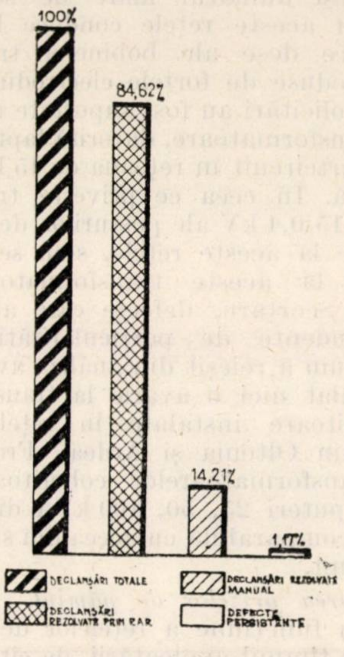


Fig. 20. Graficul repartiţiei numărului de declanşări la reţeaua de 15 kV DCP Scorţaru.

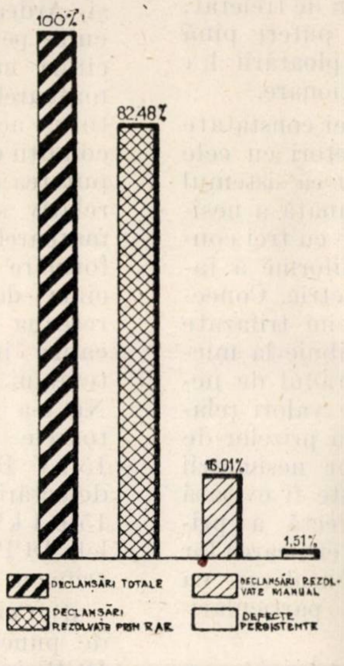


Fig. 21. Graficul repartiţiei numărului de declanşări pe linia de 15 kV Rîmnicelu (cu procent mare de stîlpi de beton).

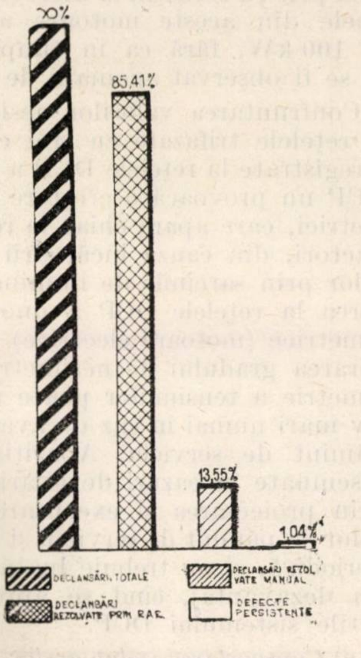


Fig. 22. Graficul repartiţiei numărului de declanşări pe linia de 15 kV Latinu (cu procent mic de stîlpi de beton).

O serie de măsuri constructive, care au început să fie aplicate pe porţiunile cu stîlpi de beton ale liniilor de 15 kV, urmează să contribuie la micşorarea numărului de declanşări. Astfel de măsuri sînt : montarea de console de lemn, montarea de suporţi de izolatoare mai înalţi, izolarea faţă de consolele de beton a suporţilor de izolatoare prin plăcuţe din material plastic, detectarea preventivă a izolatoarelor de calitate iniţială necorespunzătoare etc.

b) *Nesimetria tensiunilor*. La liniile electrice de înaltă tensiune funcţionînd după sistemul DCP, impedanţele pe cele trei faze nu sînt identice, deci pierderile de tensiune pe fazele aeriene sînt diferite faţă de pierderea de tensiune pe faza pămînt, chiar în cazul trecerii prin linie a unui sistem trifazat simetric de curenţi. Acest fapt provoacă deformarea triunghiului tensiunilor la capătul liniei electrice, adică la bornele sarcinii. Cercetările teoretice au arătat că gradul de nesimetrie a tensiunilor provocat de sistemul DCP este foarte mic pentru valori normale ale pierderilor de tensiune şi stare bună a prizelor de serviciu ale reţelelor. Gradul de nesimetrie a tensiunilor creşte o dată cu pierderea de tensiune pe linie.

La reţelele electrice rurale sistem DCP, datorită faptului că sarcinile electrice rurale sînt ele înseşi repartizate inegal pe cele trei faze, este foarte greu să se separe prin măsurători fracţiunea din gradul de nesimetrie condiţionată de particularităţile sistemului. Într-adevăr, deconectarea sarcinilor de iluminat, care sînt repartizate neuniform pe faze, şi păstrarea în funcţiune a sarcinilor electrice date de motoare reduc atît de mult sarcinile posturilor de transformare, încît nesimetria este aproape complet înlăturată, nedepăşind valorile observate la reţelele trifazate obişnuite.

Valorile tensiunilor măsurate periodic la bornele de joasă tensiune ale posturilor de transformare coborîtoare alimentate din reţelele de 15 kV DCP din ţara noastră prezintă diferenţe de 3—5 V de la o fază la cealaltă, ceea ce arată că gradul de nesimetrie prezintă aceleaşi valori ca şi în cazul reţelelor trifazate obişnuite, în care predomină sarcinile de iluminat. Motoarele trifazate de joasă tensiune alimentate de la aceste reţele au avut o funcţionare normală, tensiunile lor la borne avînd valori sensibil egale pe cele trei faze. Astfel în comuna Sîngeorgiu de Pădure funcţionează 16 motoare asincrone trifazate de 380 V cu puteri între 1,7 şi 10 kW, însumînd o putere totală de 40 kW şi alimentate de la postul de transformare 15/0,4 kV, 100 kVA, legat la linia de 15 kV DCP Fîntînele—Viforoasa—Sîngeorgiu de Pădure. În tot timpul exploatării, aceste motoare au avut o funcționare normală, neînregistrîndu-se supraîncălziri sau defecte provocate de nesimetria tensiunilor. În sistemul DCP Scorțaru funcționează un număr însemnat de motoare trifazate instalate în stațiile de pomparea apei pentru orezării, la mori și la arii de treierat, unele din aceste motoare avînd puteri pînă la 100 kW, fără ca în timpul exploatării lor să se fi observat anomalii de funcționare.

Confruntarea valorilor nesimetriei constatate la rețelele trifazate cu trei conductori cu cele înregistrate la rețelele DCP a arătat că sistemul DCP nu provoacă o creștere însemnată a nesimetriei, care apare chiar la rețelele cu trei conductori, din cauza încărcării neuniforme a fazelor prin sarcinile de iluminat electric. Conectarea la rețelele DCP a unor sarcini trifazate simetrice (motoare electrice) contribuie la micșorarea gradului de nesimetrie. Gradul de nesimetrie a tensiunilor poate atinge valori relativ mari numai în caz de avariere a prizelor de pămînt de serviciu. Apariția unor nesimetrii însemnate în cazuri de avarie poate fi evitată prin proiectarea și executarea corectă a prizelor de pămînt de serviciu și prin verificarea lor periodică, și nu trebuie luată în considerare ca un dezavantaj, cînd se apreciază particularitățile sistemului DCP.

c) *Comportarea izolatoarelor, aparatelor și transformatoarelor.* Numărul de izolatoare care au trebuit să fie înlocuite la liniile de 15 kV din Regiunea Galați este relativ mare, datorită faptului că în această rețea s-au montat izolatoare dintr-un lot de fabricație calitativ mai slabă și datorită numărului mare de scurtcircuite provocat de păsări. Acest lucru este dovedit și prin faptul că de la un an la altul numărul izolatoarelor defectate se micșorează și că pe celelalte două linii sistem DCP din Oltenia și Ardeal nu s-a înregistrat nici o defectare de izolatoare pe linie. Deși pe o parte din linii s-au montat izolatoare Delta 20 kV, rezultatele exploatării au arătat că nu există nici o deosebire practică în ceea ce privește comportarea lor în exploatare față de izolatoarele Delta 15 kV.

Transformatoarele de 35/15 kV din stația Scorțaru-Nou nu au suferit avarii ; de asemenea nici celelalte două transformatoare care alimentează liniile de 15 kV DCP din Oltenia și Ardeal. Deși numărul mare de scurtcircuite pe an în aceste rețele conduce la solicitări mecanice dese ale bobinelor transformatoarelor, produse de forțele electrodinamice, totuși aceste solicitări au fost suportate în bune condiții de transformatoare, datorită faptului că puterea de scurtcircuit în rețeaua de 15 kV este relativ scăzută. În ceea ce privește transformatoarele de 15/0,4 kV ale posturilor de transformare legate la aceste rețele, s-au semnalat cinci defecte la aceste transformatoare în rețeaua DCP Scorțaru, defecte care au avut cauze independente de particularitățile sistemului, așa cum a reieșit din analiza avariilor. Nu s-a semnalat nici o avarie la transformatoarele coborîtoare instalate în rețelele de 15 kV DCP din Oltenia și Ardeal. Frecvența defectării transformatoarelor coborîtoare de 15/0,4 kV de puteri 25, 50, 100 kVA din rețelele DCP este comparabilă cu aceea din sistemul trifazat obișnuit.

d) *Comportarea prizelor de pămînt.* Înainte de punerea în funcțiune a rețelelor de 15 kV DCP și apoi în timpul exploatării, de cîteva ori pe an s-au organizat măsurători de rezistențe de trecere, de repartiție de potențial pe sol și de tensiune de pas la prizele de pămînt. Aceste măsurători s-au efectuat în diferite epoci ale anului, pe timp uscat, pe timp umed și iarna, cînd solul este înghețat, pentru a se stabili valorile cele mai defavorabile ale mărimilor de mai sus. Rezultatele măsurătorilor au arătat că în situațiile cele mai defavorabile rezistențele de trecere ale prizelor și tensiunile de pas în jurul prizelor nu au depășit valorile maxime impuse de prescripții. De exemplu, în figura 23 se poate vedea repartiția potențialului pe direcția XY pe sol pentru un curent de 50 A la o priză de

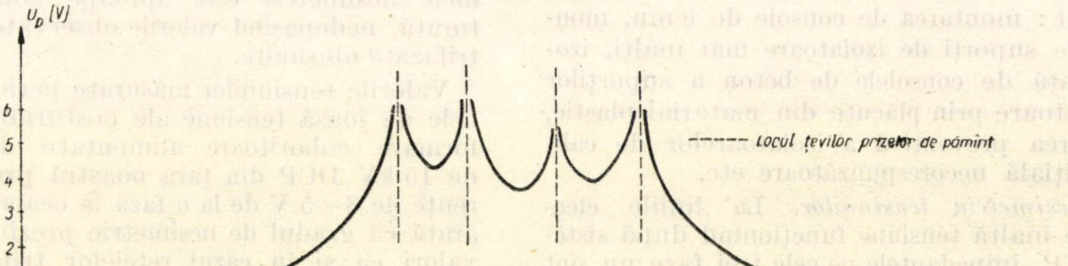


Fig. 23. Repartiția potențialului pe sol pe direcția XY la priza de pămînt din figura 24, pentru un curent de 50 A.

pămînt de suprafață din sistemul Scorțaru, alcătuită din 15 țevi și bandă de oțel (fig. 24). Tensiunile de pas măsurate la priză pentru curenții de 100 A nu depășesc în general valoarea de 1 V. Excepție fac punctele din jurul conductorilor de coborîre la priză, unde tensiunile de pas au valori de 15—20 V la prizele de suprafață și de ordinul a 5 V la prizele de adîncime, valori care sînt încă mult mai mici decît cele maxime admise de prescripții.

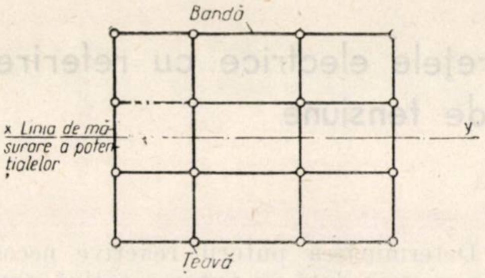


Fig. 24. Priză de pămînt cu 16 țevi și contur din bandă de oțel în rețeaua DCP Scorțaru.

Nu s-au semnalat defecțiuni la prizele de pămînt chiar în epocile cele mai secetoase ale anului sau anomalii, în funcționarea rețelelor DCP, provocate de prizele de pămînt.

e) *Securitatea oamenilor și animalelor.* În rețelele de 15 kV DCP nu a avut loc în timpul funcționării nici un caz de electrocutare de animale sau oameni. Rezultatele exploatării acestor rețele arată că, în cazul proiectării, executării și exploatării corecte a prizelor de pămînt, rețelele DCP nu prezintă pentru oameni și animale pericol mai mare decît rețelele trifazate cu trei conductori.

Concluzii

Economiile apreciabile ce se pot realiza prin folosirea sistemului DCP la linii de distribuție pentru electrificări rurale și rezultatele bune obținute la exploatarea acestor rețele în țara noastră permit să se aprecieze că este recomandabilă extinderea aplicării acestui sistem. La liniile de 15 kV DCP în funcțiune, în lungime totală de 249,5 km, s-au realizat prin utilizarea acestui sistem economii de circa 37 500 kg conductori de oțel—aluminiu și de 5 100 buc. izolatoare rigide, în afară de economiile de alte materiale (suporți curbi și drepți de izolatoare, cleme, reduceri la stîlpi etc.). Unele dezavantaje funcționale ale acestui sistem, cum ar fi numărul mai mare de declanșări decît la rețelele obișnuite, influența asupra liniilor de telecomunicații, pot să fie corectate prin măsuri luate la proiectarea și construcția acestor rețele, unele dintre aceste măsuri fiind rezultatul exploatării rețelelor DCP existente în țara noastră.

Alegerea soluției pentru rețelele de 6 și 15 kV de electrificări rurale trebuie să se facă totdeauna în urma comparării tehnico-economice a variantelor posibile, din care să rezulte oportunitatea adoptării schemei DCP. Neadoptarea sistemului DCP pentru rețeaua de 6 și 15 kV de electrificări rurale trebuie să fie justificată de la caz la caz. Chiar pentru o rețea existentă de 6 și 15 kV puțin dezvoltată, se poate lua totuși în considerare în caz de extindere soluția trecerii întregii rețele la schema DCP, cu sau fără demontarea celui de-al treilea conductor de pe liniile existente, dacă acest lucru se justifică din punct de vedere tehnic și economic.

Economii de investiții suplimentare se pot realiza prin combinarea sistemului mixt de distribuție cu sistemul DCP; cu alte cuvinte executarea de derivații monofazate un conductor-pămînt (UCP) din liniile trifazate DCP. Întrucît, în prezent, în industria electrotehnică din țara noastră se fabrică transformatoare monofazate de 15/2 × 0,22 kV, se poate trece în anii următori la introducerea lor în rețelele DCP.

Extinderea sistemului DCP în rețelele de distribuție de înaltă tensiune pentru electrificări rurale reprezintă una din căile cele mai eficace pentru ieftinirea rețelelor de electrificare a satelor, conform directivelor partidului și guvernului.

Bibliografie

[1] *Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. cu privire la planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și la schița planului economic de perspectivă pe 15 ani.* Editura politică, București, 1960.

[2] Gheorghiu-Dej, Gh. *Raport asupra mersului îndeplinirii directivelor Congresului al III-lea al partidului privind construirea socialismului la sate și dezvoltarea agriculturii, prezentat la Plenara C.C. al P.M.R. din 30 iunie—1 iulie 1961.* Editura Politică, București, 1961.

[3] Gheorghiu, N. *Perspectivele electrificării în R.P.R. în lumina istoricelor hotărîri ale Congresului al III-lea al P.M.R.* Energetica nr. 7, 1960, p. 293—297.

[4] Gheorghiu, N. și Militaru, P. *Sistemul de distribuție a energiei electrice doi conductori-pămînt. Primele rezultate ale aplicării acestui sistem în R.P.R.* Energetica și Hidrotehnica, nr. 11 — 12, 1954, p. 371—381.

[5] Buzdko, I. A. *Rețele electrice rurale* (Selskie elektriceskie seti), Selihozghiz, Moscova, 1959.

[6] *Directive provizorii pentru proiectarea rețelelor DCP rurale* (Vremennie rukovodiascie ukazania po proektirovaniiu setei DPZ seliskohoziaistvennovo naznaceniia). Moscova, 1951.

[7] Gheorghiu, N. *Un nou sistem de distribuție de înaltă tensiune pentru electrificări rurale, folosind tensiunea intermediară de 1 kV.* Energetica nr. 2, 1961, p. 41—47.

[8] Militaru, P. *Sisteme de distribuție de înaltă tensiune pentru electrificări rurale.* Energetica nr. 10, 1958, p. 468—480.

[9] Kurdiani, I. S. și Ruhvadze, E. M. *Generalizarea experienței de exploatare a sistemului DCP în Georgia.* VIESH. Naucinîe Trudî, Vol. I, Moscova Selihozghiz, 1954.

[10] Ruhvadze, E. M. *Folosirea sistemului doi conductori pămînt în rețelele de 35 kV rurale.* Biuletin naucinotehniceskoi informații po selskoi elektrifikații, VIESH, nr. 1, 1956, p. 52.

[11] Ebin, L. E. și Aluker, S. M. *Calculul electric al rețelelor folosind pămîntul drept unul din conductorii de fază : doi conductori-pămînt.* (Elektriceski rasciot setei s ispolzovaniem zemli v kacestvo odnovo iz faznîh provodov : dva provoda-zemlea). Gosenergoizdat, Moscova, 1949.

[12] Simola, O. *Folosirea pămîntului drept conductor* (Usage de la terre comme conducteur). Raport la Comitetul de Energie Electrică de pe lîngă Oficiul Națiunilor Unite, Geneva, 1957.

Formule practice pentru calcule de rețele electrice cu referire specială la variațiile de tensiune

Ing. *LIVIU GROZA*

Pentru calcule de rețele se folosesc diverse mijloace, din care cităm :

— calculul analitic manual (cu rigla), dificil de efectuat și laborios ;

— calculul cu ajutorul mașinilor electronice cifrice avînd la bază calculul analitic ;

— calculul cu ajutorul meselor de calcul de curent alternativ ;

— calculul cu ajutorul analizei grafice Dimo etc.

Categoria de calcule la care ne referim se ocupă de fenomene de structură intimă a rețelei legate de schema și regimul de funcționare a sistemului.

La modificări în rețea ce pot interveni în exploatare (conectări sau deconectări de grupuri, circuite, reglaje cu ajutorul excitației etc.) se pune problema să se determine prin calcul tensiuni, curenți, puteri etc.

Analiza grafică Dimo [1] a adus prima ușurare a calculului, în sensul că prin reprezentarea grafică s-a obținut o imagine a fenomenului fizic. Ușurința de aplicare și de interpretare a fenomenelor a dus la o răspîndire a acestei metode printre proiectanți, exploatanți și cercetători.

În cele ce urmează ne vom referi la posibilitățile de a deduce, pe baza examinării unor probleme de rețea cu ajutorul analizei grafice, formule simple, care cuprind un număr minim de elemente și duc în același timp la rezultate suficient de exacte pentru practică.

Formulele se referă la următoarele categorii de probleme :

1. Reglajul de tensiune cu ajutorul unui compensator sincron legat la un nod.

2. Saltul de tensiune provocat de anclanșarea sau declanșarea unei linii lungi sau baterii de condensatoare într-un nod.

3. Saltul de tensiune în nod la scurtcircuite, necesar uneori la determinarea tensiunii remanente.

4. Determinarea puterii reactive necesar a se deconecta o dată cu puterea activă, pentru a nu se produce variații de tensiune în nod, pentru determinarea parametrilor rețelelor necesari reglajului frecvență-putere.

5. Determinarea saltului de tensiune la deconectarea unei linii radiale de interconexiune, a unui generator sau a unei sarcini.

Remarcăm că domeniul poate fi extins și la alte fenomene, cum ar fi : calculul saltului de fază la conectarea de circuite radiale sau alte fenomene similare ce apar în exploatare.

În materialul de față ne referim numai la prima categorie de fenomene enunțate, ca rezultat al unor necesități practice de calcul. Ele au fost aplicate la unele studii întocmite în ISPE privind funcționarea sistemului energetic național al R.P.R., precum și la unele studii din cadrul CAER.

Metoda de cercetare folosită a fost aceea de a afla posibilitățile de introducere a unor simplificări în relații relativ complicate ce se obțin din analiza grafică sau se deduc prin calcule, folosind metoda de aproximare pentru cazurile ce pot apărea în practică (de exemplu prin obținerea unor rezultate suficient de exacte neglijînd termenii de ordin superior ce rezultă din dezvoltarea în serie Taylor a unor binoame).

În cele ce urmează se vor prezenta formulele practice sub forma pe care o considerăm ca fiind cea mai accesibilă. Deducerea formulelor se prezintă sub o formă sumară, presupunîndu-se cunoscută analiza grafică Dimo.

După prezentarea fiecărei formule se dă și un exemplu practic.

Atragem atenția că, în general, în locul curenților s-au introdus puteri, care sînt mai curente în practică și pot fi ușor exprimate în funcție de curenți, considerînd tensiunea de bază egală cu unitatea.

S-au considerat în general variațiile inițiale ale tensiunii, fără a ține seamă de oscilațiile de sincronizare. În cazurile cînd acesta joacă un rol — și aceasta se poate vedea judecînd după importanța centralelor locale — sînt necesare calcule suplimentare.

Formule obținute

1. *Reglajul tensiunii cu ajutorul unui compensator sincron legat la un nod*

Pentru a determina posibilitățile de reglaj al tensiunii cu un compensator legat la un nod se poate folosi relația

$$\Delta U_{u.r.} = \frac{\Delta Q}{Q_n + Q_{sc}}, \qquad (1)$$

presupunînd anumite ipoteze simplificatoare, acceptabile din punct de vedere practic.

Aici:

ΔQ este puterea reactivă debitată de compensator;

Q_n — puterea reactivă totală din nod;

Q_{sc} — puterea de scurtcircuit, calculată cu ajutorul reactanțelor;

$\Delta U_{u.r.}$ — se dă în unități relative, față de tensiunea inițială.

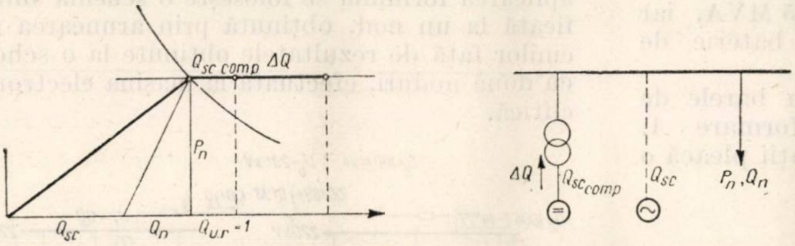

$Q_{sc\ comp}$
ΔQ
P_n
Q_{sc}
Q_n
Q_{ur} -1
ΔQ
$Q_{sc_{comp}}$
Q_{sc}
P_n, Q_n

Fig. 1. Reglajul tensiunii într-un nod cu ajutorul compensatorului sincron. P_n este puterea activă redusă în nod.

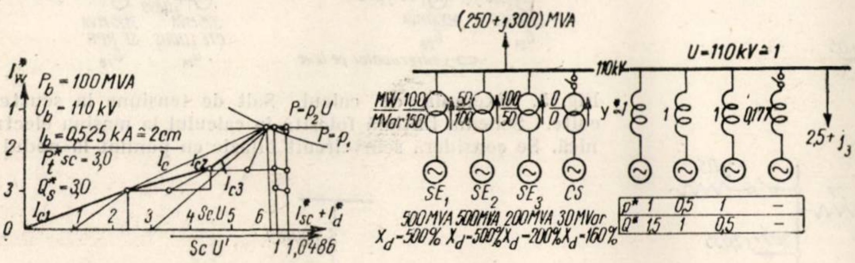

I_w^*
P_b - 100 MVA
U_b - 110 kV
I_b = 0,525 kA ≙ 2 cm
P_t^*sc - 3,0
Q_s^* - 3,0
I_c
I_{c1}
I_{c2}
I_{c3}
P-p_2U
P-p_1
Sc.U
Sc U'
$I_{sc}^* + I_d^*$
0
1
2
3
4
5
6
1
1,0486
(250+j300) MVA
U-110 kV ≙ 1
110 kV
MW/MVar
100/150
50/100
100/50
0/0
y*=1
1
1
0,17
2,5+j3
SE₁
SE₂
SE₃
CS
500 MVA
500 MVA
200 MVA
30 MVar
X_d-500%
X_d-500%
X_d-200%
X_d-160%
p* 1 0,5 1 –
Q* 1,5 1 0,5 –

Fig. 2. Exemplu de calcul. Reglajul cu ajutorul unui grup de 30 MVA.

Acest lucru se deduce direct din diagrama vectorială.

În figura 1 se observă generatorul echivalent al tuturor grupurilor sistemului, în plus și compensatorul sincron.

Scara tensiunii este:

$$k = \Sigma(Q_n + Q_{sc}) = Q_n + Q_{sc} + Q_{sc.\ comp.}$$

Caracteristica de tensiune a sarcinii din nod practic nu joacă rol, decît în cazuri cu totul speciale.

Exemplu. Din exemplul calculat în „Energetica" nr. 1, 1960, p. 29—30 [2], se poate extrage (fig. 2)

$$\Sigma(Q_n + Q_{sc}) = 600 \text{ MVA},$$

un compensator de 30 MVA, $x_d = 160\%$, $x_{tr} = 10\%$, $x_{total} = 170\%$.

$$Q_{sc.\ comp.} = \frac{100}{170} \cdot 30 = 17{,}7 \text{ MVA}.$$

Deci:

$$\Delta U\% = \frac{30}{617{,}7} \cdot 100 = +4{,}86\%,$$

ca și în calculul exact.

2. *Variațiile de tensiune datorite anclanșării sau declanșării liniilor lungi sau a bateriilor de condensatoare*

Și pentru acest caz se poate folosi relația:

$$\Delta U_{u.r.} = \frac{\Delta Q}{Q_n + Q_{sc}}, \qquad (2)$$

cu aceleași semnificații ca la punctul 1.

Se face ipoteza că saltul de fază este foarte redus.

Exemplu de calcul. *Anclanșarea în gol a unei linii.* La barele de 220 kV ale unei stații se anclanșează în gol o linie de 220 kV, 399 km, avînd următoarele caracteristici:

$R_0 = 0{,}0625\ \Omega/\text{km}$;
$X_0 = 0{,}334\ \Omega/\text{km}$;
$Y_0 = 3{,}485 . 10^{-6}\ \Omega/\text{km}$.

La barele respective este legată o centrală termoelectrică și un sistem energetic puternic, avînd regimul indicat în figura 3.

Reducerea schemei de la *a* la *b* s-a făcut pe baza aruncării sarcinilor după legea momentelor. Remarcăm că această aruncare se poate face și global, pe părți întregi din sistem, considerînd o anumită amplasare a centrului de con-

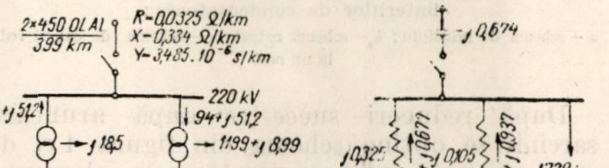

2×450 OL Al / 399 km
R-0,0325 Ω/km
X-0,334 Ω/km
Y-3,485.10⁻⁶ s/km
220 kV
94+j51,2
94+j51,2
j18,5
11,99+j8,99
6+j5,3
1105+j847,8
100+j75
125 MVA
2521 MVA
a)
-j0,674
j0,325
0,982+j0,677
j0,105
12,47+j0,937
17,29
125 MVA
2521 MVA
b)

Fig. 3. Exemplu de calcul. Șocul de tensiune obținut la bare prin anclanșarea în gol a unei linii de 220 kV:
a — schemă de principiu; *b* — schemă de calcul redusă la un nod.

sum, de exemplu la 10% din reactanța dintre bornele generatorului echivalent și nodul considerat.

Considerînd o tensiune de bază de 220 kV, rezultă pentru linie o capacitate de

$$Q_c = \frac{220^2}{3{,}485 . 10^{-6} . 399} = 67{,}4 \text{ MVAr}.$$

În figura 3 *b* se observă:

$$Q_n = 161{,}4 \text{ MVAr}.$$

Pentru $U = 220$ kV:

$$Q_{sc} = \left(\frac{100}{0,325} + \frac{100}{0,105}\right) = 308 + 952 = 1\,260 \text{ MVA}$$

$$\Delta Q = Q_c = 67{,}4,$$

de unde:

$$\Delta U = \frac{67{,}4}{1421{,}4} = 0{,}0474 = +4{,}74\% .$$

Calculul exact, la mașina cifrică, a dat practic același lucru.

Exemplu de calcul. *Reglajul tensiunii cu ajutorul bateriilor de condensatoare.* Se consideră sistemul din figura 4, unde la barele de 6 kV ale unui post de transformare *B* se consumă o putere de $1 + j\,0{,}5$ MVA, iar tensiunea poate fi reglată cu o baterie de condensatoare de 500 kVAr.

Un sistem puternic este legat la barele de 110 kV ale unei stații de transformare *A*. De la barele de 6 kV ale acestei stații pleacă o rețea de distribuție.

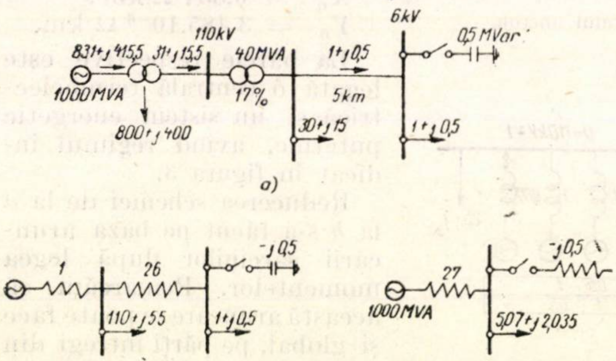

„A"
„B"
6kV
110kV
0,5 MVar
831+j415,5
31+j15,5
40MVA
1+j0,5
1000MVA
17%
5km
800+j400
30+j15
1+j0,5
a)
-j0,5
1
26
110+j55
1+j0,5
b)
-j0,5
27
1000MVA
5,07+j2,035
c)

Fig. 4. Exemplu de calcul. Reglajul tensiunii cu ajutorul bateriilor de condensatoare:

a – schemă de principiu; *b* – schemă redusă; *c* – schemă de calcul redusă la un nod.

După reduceri succesive după aruncarea sarcinii se obține schema din figura 4 *c*, din care se pot extrage următoarele elemente:

$$Q_n = 2{,}035 \text{ MVAr}$$

$$Q_{sc} = \frac{100}{27} = 3{,}72 \text{ MVAr}$$

$$\Delta Q_c = 0{,}5 \text{ MVAr}.$$

De aici se deduce saltul de tensiune:

$$\Delta U = \frac{0{,}5}{5{,}755} = 0{,}0868 = +8{,}68\% .$$

3. *Saltul de tensiune la scurtcircuite*

În cazul scurtcircuitelor trifazice ce au loc la o distanță de bare sau al scurtcircuitelor monofazice sau bifazice cu pămînt, saltul de tensiune pe secvență directă poate fi calculat după aceeași relație:

$$\Delta U = \frac{Q_{sh}}{Q_n + Q_{sc} + Q_{sh}},$$

în care Q_{sh} se deduce din:

$$Q^*_{sh} = \frac{1}{X^*_{sh}}$$

X^*_{sh} fiind reactanța de șunt.

Trebuie verificat uneori saltul de fază; în general, acesta este de ordinul cîtorva grade.

Exemplu de calcul. *Verificarea saltului de tensiune la un scurtcircuit bifazic cu pămînt în imediata apropiere a barelor.* Pentru aplicarea formulei se folosește o schemă simplificată la un nod, obținută prin aruncarea sarcinilor față de rezultatele obținute la o schemă cu două noduri, efectuată la mașina electronică cifrică.

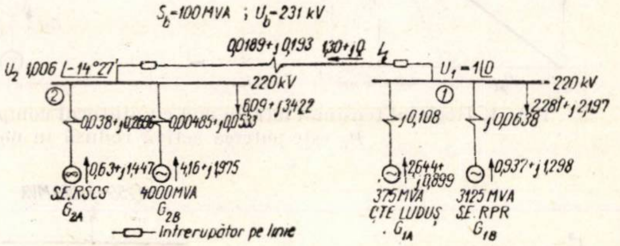

S_b-100 MVA ; U_b-231 kV
0,0189+j0,193
1,30+j1,0
I_1
U_2 1,006 ∟-14°27'
U_1 -1∟0
220kV
220kV
②
①
6,09+j3,422
2,281+j2,197
0,038+j0,2686
0,00485+j0,0533
j0,108
j0,0638
0,63+j1,447
4,16+j1,975
2,644+j0,899
0,937+j1,298
S.E.RSCS
G_{2A}
4000MVA
G_{2B}
375MVA
C.T.E LUDUȘ
G_{1A}
3125 MVA
S.E. RPR
G_{1B}
Intrerupător pe linie

Fig. 5. Exemplu de calcul. Salt de tensiune la scurtcircuite. Schema inițială folosită în calculul la mașina electronică. Se consideră scurtcircuit bifazic cu pămînt la nodul *1*.

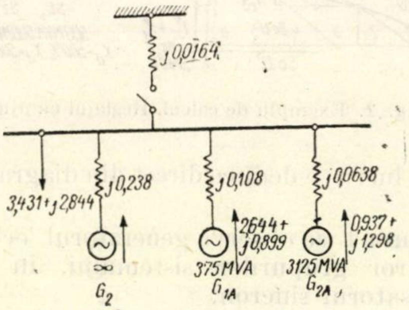

j0,0164
3,431+j2,844
j0,238
j0,108
j0,0638
2,644+j0,899
0,937+j1,298
∞
G_2
375MVA
G_{1A}
3125MVA
G_{2A}

Fig. 6. Cazul din figura 5. Schemă redusă la un nod pentru calculul simplificat.

Schema folosită pentru mașina electronică este dată în figura 5, iar schema redusă la nodul *1* este dată în figura 6.

Se calculează șuntul echivalent. Cele trei elemente necesare în calcul sînt :

$$Q_n = 288 \text{ MVAr} ; Q_{sc} = \frac{100}{0,238} + \frac{100}{0,108} + \frac{100}{0,0638} =$$

$$= 2992 \text{ MVA} ;$$

$$Q_{sh} = \frac{100}{0,0164} = 6\,100 \text{ MVA} ;$$

$\Delta U = \frac{6100}{9380} = 65\%$, față de 66%, obținut la ISPE cu ajutorul calculatoarelor electronice CIFA, deci suficient de exact.

4. *Determinarea puterii reactive necesar a se deconecta o dată cu puterea activă, pentru a anula saltul de tensiune în nod*

Această formulă se folosește, de exemplu, la probe pentru crearea condițiilor optimale de încercare pentru determinarea parametrilor rețelelor necesari reglajului frecvență-putere, după metoda propusă în R.P.R. și adoptată și în alte țări [5].

Puterea reactivă respectivă, numită $\Delta Q_{opt.}$, se determină după relația :

$$\Delta Q_{opt.} = \frac{\Delta P\,(P_n + P_e)}{2\,(Q_n + Q_{sc})},$$

în care :

ΔP este puterea activă ce se deconectează ;
P_n — puterea activă redusă în nod, în afara ramurii ce se deconectează ;
Q_n — puterea reactivă în nod, idem ;
P_e — puterea activă a generatorului echivalent ce debitează în nod, în afara ramurii ce se deconectează ;
Q_{sc} — puterea de scurtcircuit în nod calculată cu reactanță tranzitorie, în afara ramurii ce se deconectează.

Indicele *opt.* este prescurtarea termenului „optimizat”, ce caracterizează regimul înainte de deconectare.

Aceasta presupune, bineînțeles, anumite ipoteze simplificatoare, ca de exemplu variația sarcinii după legea $P = p \,.\, U^2$, admisă în general în calcule de procese dinamice.

Remarcăm că $\Delta Q_{opt.}$ este de sens invers cu ΔP.

5. *Determinarea saltului de tensiune într-un nod la deconectarea unei ramuri radiale*

Acest salt de tensiune ce apare în nodurile sistemului energetic la deconectări intempestive servește la determinarea încărcărilor maxime ale unor linii de interconexiune puternice.

De asemenea el poate fi folosit la stabilirea corecțiilor la determinarea parametrilor rețelelor în cazul reglajului frecvență-putere [5].

Formula care dă saltul de tensiune, dedusă din analiza grafică, este :

$$\Delta U_{u.r.} = \frac{\Delta(\Delta Q)}{Q_n + Q_{sc}},$$

în care :

$$\Delta(\,\Delta Q) = \Delta Q_{opt.} - \Delta Q_{real} .$$

Dedus din aceasta, se poate determina calculul corecției datorită saltului de tensiune după relația :

$$C\% = \Delta U^2\ \%_0\ \frac{P_n}{\Delta P}\,100,$$

în care :

$$\Delta U^2\ \%_{00} = \Delta U^2 - 2\Delta U = \frac{\Delta(\Delta Q)}{(Q_n + Q_{sc})}\left(\frac{\Delta(\Delta Q)}{(Q_n + Q_{sc})} - 2\right) \cdot$$

Formula pentru obținerea lui $\Delta Q_{opt.}$ se deduce din relația cunoscută [5] :

$$\Delta Q = \sqrt{(Q_n + Q_{sc})^2 + P_n^2 - P_e^2} - (Q_n + Q_{sc}),$$

unde :

ΔQ reprezintă puterea reactivă ce se deconectează ;
Q_n, P_n — puterea activă și reactivă a sarcinii nodului ;
Q_{sc} — puterea de scurtcircuit în nodul considerat, fără ramura ce se deconectează ;
P_e — puterea activă ce reprezintă sarcina generatorului echivalent al rețelei fără ramura ce se deconectează.

Ea poate fi scrisă sub o formă mai simplă, mai ușor de calculat, dezvoltînd-o în serie Taylor.

Notînd

$$Q_n + Q_{sc} = a ;$$

$$P_n^2 - P_e^2 = b,$$

obținem :

$$\sqrt{a^2 - b} - a = a\left(1 + \frac{b}{a^2}\right)^{1/2} - a = a\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{b}{a^2} -\right.$$

$$\left. - \frac{1}{8}\,\frac{b^2}{a^4} + \ldots\right) - a = \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{a}\left(1 - \frac{1}{4}\,\frac{b}{a^2} + \ldots\right) =$$

$$= A\left(1 - \frac{A}{2a} + \ldots\right),$$

în care :

$$A = \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{a}.$$

Deci în prima și a doua aproximație vom avea :

$$\Delta Q^{(1)} = \frac{P_n^2 - P_e^2}{2\,(Q_n + Q_{sc})}$$

$$\Delta Q^{(2)} = \Delta Q^{(1)}\left(1 - \frac{\Delta Q^{(1)}}{2(Q_n + Q_{sc})}\right).$$

În majoritatea cazurilor practice este suficientă prima aproximație, deoarece :

$$\Delta Q^{(1)} \ll Q_n + Q_{sc}.$$

Remarcăm că se poate înlocui

$$P_n^2 - P_e^2 = (P_n - P_e)\,(P_n + P_e) = \Delta P\,(P_n + P_e),$$

obținîndu-se astfel :

$$\Delta Q_{cpt.} = \frac{\Delta P\,(P_n + P_e)}{2\,(Q_n + Q_{sc})}.$$

Exemplu de calcul. *Verificarea experimentală a formulei de determinare a saltului de tensiune și a corecției timpului de lansare.* Ne referim la încercarea nr. 3, prezentată în anexa nr. 2 la raportul nr. 314—CIGRE 1962 [5].

Schema redusă a sistemului, arătată în figura 7, dă toate elementele de calcul.

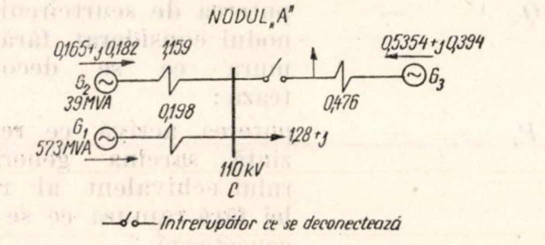


Fig. 7. Exemplu de calcul. Salt de tensiune la deconectarea unei linii de interconexiune. Schemă de calcul redusă la un nod.

Astfel :

$$\Delta P = 18{,}74 \text{ MW}, \qquad \Delta Q = 12{,}6 \text{ MVAr},$$
$$P_n = 128 \text{ MW}, \qquad Q_n = 96{,}7 \text{ MVAr},$$
$$P_e = 119{,}26 \text{ MW}, \qquad Q_{sc} = 591{,}3 \text{ MVA}.$$

Aici :

$$P_e = 16{,}5 + 92{,}76 = 119{,}26 \text{ MW}$$

$$Q_{sc} = \frac{100}{1{,}199} + \frac{100}{0{,}198} = 86{,}3 + 505 = 591{,}3 \text{ MVA}.$$

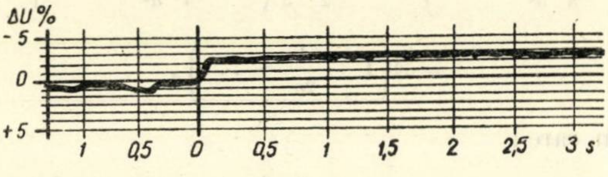


Fig. 8. Rezultat experimental la exemplul din figura 7.

Introducînd în formulă, obținem :

$$\Delta Q_{cpt.} = \frac{\Delta P\,({}_n + P_e)}{2\,(Q_n + Q_{sc})} = \frac{18{,}74 \cdot 247{,}26}{2 \cdot 688} = 3{,}9 \text{ MVAr},$$

de sens invers cu puterea activă ΔP.

Remarcăm că, aplicînd termenul de corecție, rezultă

$$\Delta Q^{(2)} = \Delta Q^{(1)}\left(1 - \frac{3{,}9}{2.688}\right).$$

Deci corecția este de $-$ 0,28% (neglijabilă).

Saltul de tensiune se obține din :

$$\Delta(\Delta Q) = 12{,}6 + 3{,}9 = 16{,}5 \text{ MVAr}$$

$$\Delta U\,\% = -\frac{16{,}5}{688} = -\,2{,}4\,\%.$$

Din măsurătoare a rezultat $-$ 2,5%, deci o valoare foarte apropiată.

Remarcăm că schema a fost redusă global, totuși rezultatul obținut este suficient de exact.

Corecția pentru cazul în care este necesar să se afle șocul real de putere se obține astfel :

$$\Delta U^2\,{}^0/_{00} = \frac{16{,}5}{688}\left(\frac{16{,}5}{688} - 2\right) = -0{,}024 \cdot 1{,}976 = $$
$$= -\,0{,}0474,$$

iar

$$C\,\% = -\,0{,}0474\,\frac{128}{18{,}74}\,100 = -\,32{,}4\,\%,$$

față de valoarea de $-33{,}2\%$, obținută din calculul exact, la mașina electronică.

Aceasta se datorește și faptului că centralele locale sînt mici, deci oscilațiile de sincronizare nu influențează corecția [5].

Concluzii

Din cele arătate se poate vedea că în cazul calculului saltului de tensiune, care se poate calcula suficient de exact în practică, pe baza formulelor simplificatoare arătate, s-a constatat că acesta depinde în mare măsură de puterile reactive și reactanțele sistemului, obținîndu-se o formulă, ce poate fi generalizată, de următoarea formă :

$$\Delta U = \frac{\Delta Q}{Q_n + Q_{sc}},$$

în care ΔQ poate fi asimilat cu diverse mărimi, cum ar fi :

— puterea compensatoarelor sincrone, în cazul reglajului tensiunii cu ajutorul acestora ;

— puterea capacitivă a liniilor lungi ce se anclanșează într-un nod ;

— puterea bateriilor de condensatoare ce reglează tensiunea ;

— puterea capacitivă corespunzătoare a șuntului echivalent, în cazul scurtcircuitelor;

— abaterea de la puterea reactivă „optimizată", în cazul declanșării liniilor de interconexiune, generatoarelor sau sarcinilor.

Q_n și Q_{sc} pot fi citite direct pe schema echivalentă redusă pentru nodul considerat.

Rezultatele obținute în practică, precum și gama mare de regimuri la care formulele pot fi aplicate pledează pentru introducerea lor în uzul curent.

Menționăm că, folosind diagramele din analiza grafică [1], pot fi deduse formule practice și pentru alte categorii de probleme (salturi de fază, puteri active etc.).

Atragem atenția că delimitările domeniului lor de valabilitate, în cazuri extreme, ce intervin rar în practică, pot fi efectuate cu ușurință tot cu ajutorul elementelor analizei nodale (de exemplu, pentru variații de fază prea mari, caracteristici speciale ale sarcinii sistemului în funcție de tensiune etc.).

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Analiza sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1959.

[2] Groza, L. și Moraite, G. *Considerații asupra stabilității statice, dinamice și asupra reglajului cu ajutorul compensatoarelor sincrone.* Energetica nr. 1, 1960.

[3] Groza, L., Moraite, G. și Itoafă, A. *Determinarea fenomenelor dinamice pe cale experimentală și compararea rezultatelor cu ajutorul valorilor deduse prin analiza grafică Dimo.* Energetica nr. 5, 1958.

[4] Groza, L. *Intervenție,* CIGRE 1962, vol. I.

[5] Dimo, P., Groza, L. și Moraite, G. *Optimizarea condițiilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei rețele* CIGRE 1962, Raport 314.

Eficacitatea tehnico-economică a mijloacelor de protecție a liniilor de 110 kV contra supratensiunilor atmosferice

Ing. *I. ADĂMUȚ* și ing. *POPA BADEA*

Într-o lucrare anterioară [1] au fost analizați parametrii tehnici care caracterizează gradul de protecție al liniilor electrice de transport de 110 kV, împotriva supratensiunilor atmosferice, stabilindu-se că numărul specific de declanșări este mărimea cea mai potrivită acestui scop. S-a determinat apoi variația acestui parametru cu diferitele mijloace de protecție, pentru patru tipuri de linii. S-a enunțat părerea că din punct de vedere tehnic este recomandabil a se folosi conductorul de protecție și rezistențe mici ale prizelor ca protecție de bază, iar RAR ca protecție de rezervă.

Cum însă prevederea oricărui mijloc de protecție este legată de investiții și de cheltuieli de exploatare, este util a se analiza eficacitatea sa tehnico-economică în scopul stabilirii unor soluții practice optime. În principiu, este necesar ca investiția pentru realizarea unui mijloc de protecție să fie compensată de scăderea corespunzătoare a numărului de avarii și deci a daunelor cauzate de acestea economiei naționale în ansamblu; valoarea mijlocului de protecție considerat ca element de tehnică nouă trebuie să fie recuperată într-un timp determinat, care pentru instalațiile energetice este evaluat la 8—10 ani [2], [3]. Analizarea eficienței economice prin considerarea timpului de recuperare pune în evidență importanța mare acordată investițiilor eficiente din punct de vedere economic, la care fondurile cheltuite se recuperează repede, putînd fi astfel folosite la alte lucrări.

Analiza eficacității economice a mijloacelor de protecție uzuale (conductor de protecție, priză de legare la pămînt, întărirea izolației) s-a elaborat sub forma unei metodologii unitare, care poate fi utilizată în oricare caz concret, pentru care se dispune de date certe; pentru ilustrarea modului de utilizare a metodologiei, s-au calculat limitele minime de eficiență economică a mijloacelor de protecție pentru cîteva tipuri de linii de 110 kV uzuale în R.P.R. [1], pe baza actualelor prețuri.

Menționăm că în calculele valorilor elementelor liniei s-au folosit prețuri publicate în cataloage republicane [6], [7], [8]. Calcule precise pentru fiecare caz în parte pot fi efectuate de către proiectanți pe baza prețurilor de deviz (mai exact decît prețurile plafon), a statisticilor de avarii din regiunea în care se proiectează linia și a daunelor specifice consumatorilor alimentați din linia respectivă, utilizîndu-se metodologia prezentată în lucrare.

1. Eficacitatea tehnico-economică a conductorului de protecție pe o linie electrică de 110 kV

Transportul unei puteri date, pe un traseu dat, se poate realiza din punctul de vedere al protecției contra supratensiunilor atmosferice în varianta 1 — linie cu conductor de protecție — sau în varianta 2 — linie fără conductor de protecție.

Valoarea investiției inițiale, precum și cea a cheltuielilor anuale de întreținere periodică a liniei sînt mai mari în varianta 1 decît în varianta 2, datorită existenței conductorului de protecție și necesității unor stîlpi mai înalți și deci mai scumpi; restul elementelor liniei — conductoarele active, prizele de pămînt și fundațiile — le considerăm practic aceleași la ambele variante [5], [9]. Varianta 2, datorită numărului specific de declanșări mai mare, are cheltuieli anuale mai mari decît varianta 1, formate din daunele provocate de avarii întreprinderilor consumatoare [4] și întreprinderilor furnizoare de energie electrică [16].

Conform metodologiei de comparație a eficacității economice [2], elementele calculului economic trebuie să satisfacă relația:

$$\frac{I_1 - I_2}{C_2 - C_1} \leqslant T_0, \qquad (1)$$

unde:

I_1, C_1 reprezintă valoarea investițiilor, în mii lei/100 km, respectiv a cheltuielilor anuale, în mii lei/100 km.an pentru linie cu conductor de protecție;

I_2, C_2 — idem, pentru linie fără conductor de protecție;

T_0 — termenul de recuperare în ani.

Notînd:

$$I_1 = I_2 + \Delta I \text{ și } E = \frac{1}{T_0}, \qquad (2)$$

unde ΔI este valoarea investițiilor suplimentare, în mii lei/100 km, în varianta 1, datorită conductorului de protecție, iar E este coeficientul de eficacitate economică, în 1/an [2], relația (1) devine:

$$E\,\Delta I \leqslant C_2 - C_1. \qquad (3)$$

Expresiile lui C_1, C_2 și $(C_2 - C_1)$ sînt:

$$C_1 = (a + b)\,I_1 + n_1 \cdot q_m$$
$$C_2 = (a + b)\,I_2 + n_2 \cdot q_m \qquad (4)$$
$$C_2 - C_1 = q_m \cdot \Delta n - (a + b)\,\Delta I,$$

în care:

a reprezintă cota anuală de cheltuieli de amortizare pentru investiții și reparații capitale, %/an;

b — cota anuală de cheltuieli de reparații curente și exploatare pentru lucrările periodice normale, exclusiv cota cheltuielilor de reparații și control, datorate întreruperilor provocate de descărcările atmosferice, care intră la daune, %/an;

n_1 și n_2 — numărul specific de declanșări/100 km.an, variabile cu rezistența de impuls, R_i, și cu tipul liniei [1];

Δn — numărul specific de declanșări suplimentar la linie în varianta 2, față de varianta 1, $\Delta n = n_2 - n_1$;

q_m — valoarea specifică medie a daunelor provocate economiei naționale de către întreruperile datorate descărcărilor atmosferice, în mii lei/decl., calculată ca medie statistică a daunelor pentru unul sau mai multe sezoane de descărcări.

Din expresiile (3) și (4) rezultă:

$$q_m \geqslant (a + b + E)\,\frac{\Delta I}{\Delta n}. \qquad (5)$$

Elementul care produce o diferențiere între cele două variante este conductorul de protecție, a cărui valoare de investiție I_{cp} are, în general, ponderea cea mai importantă în structura lui ΔI [10]; de aceea valoarea suplimentară a stîlpului în varianta 1, față de varianta 2, se va exprima în raport cu valoarea conductorului de protecție rI_{cp}; rezultă deci că

$$\Delta I = I_{cp}\,(1 + r), \qquad (6)$$

unde I_{cp} este valoarea de investiție a conductorului de protecție, în mii lei/100 km, iar r raportul dintre costul suplimentar al liniei în varianta 1 — exclusiv valoarea conductorului de protecție — și costul conductorului de protecție. La calcule exacte, r va îngloba și eventualele diferențe datorite fundațiilor și prizelor de pămînt.

Din relațiile (5) și (6) rezultă:

$$q_m \geqslant (a + b + E)\,(1 + r)\,\frac{I_{cp}}{\Delta n}, \text{ mii lei/decl.} \qquad (7)$$

În relația (7) se exprimă condiția de economicitate a montării conductorului de protecție pe o linie de transport.

Mărimile a, b, E, I_{cp} și coeficientul r pot varia parametric în funcție de diverse condiții economice și tehnice. Totuși, pentru anumite perioade ele sînt constante. Rezultă, deci, că expresia (7), avînd numărătorul constant, poate fi reprezentată grafic de o hiperbolă echilateră cu variabilele q și Δn. Însă Δn este funcție de rezistența de impuls a prizelor, $\Delta n = \Delta n\,(R_i)$, și se poate obține din curbele reprezentate în [1], pentru fiecare tip de linie; în acest caz relaţia (7) devine:

$$q_m \geqslant \frac{\Delta K}{\Delta n\ (R_i)}, \tag{8}$$

unde:

$\Delta n(R_i)$ este numărul specific de declanşări/100 km.an suplimentare la varianta 2, faţă de varianta 1, funcţie de rezistenţa de impuls a prizelor de pămînt;

ΔK — valoarea cheltuielilor suplimentare anuale, în mii lei/100 km.an, la varianta 1, faţă de varianta 2, în ipoteza calculului eficacităţii economice pe baza termenului de recuperare.

Întrucît prezenţa conductorului de protecţie duce şi la avarii suplimentare, datorită ruperii lui în caz de chiciură, dacă notăm acest număr de declanşări cu Δn_c, relaţia (8) va deveni:

$$q_m \geqslant \frac{\Delta K}{\Delta n\,(R_i) - \Delta n_c}, \tag{8'}$$

Mărimea Δn_c este o mărime statistică.

Termenii din partea dreaptă a inegalităţii (7) pot fi cunoscuţi destul de exact pentru o anumită perioadă; astfel, în prezent, $I_{cp} = 438{,}5$ mii lei/100 km pentru secţiunea 50 mm² şi $I_{cp} = 576{,}0$ mii lei/100 km pentru $s = 70$ mm², considerînd conductorul confecţionat din funie de oţel zincat, montat pe stîlpi cu întindere pe role [6]; $a = 4{,}4\%$ (0,044) [7]; $b = 1 - 2\%$ după date din exploatare; $E = 0{,}11$/an [2] şi $r = 0{,}083 - 1{,}16$ (tabela 1).

Tabela 1

Elementele ce scumpesc linia de transport datorită conductorului de protecţie

Nr. crt.	Tipul liniei	Valoarea supraînălţării şi măririi dimensiunilor stîlpului, mii lei/100 km	Valoarea totală (conductor de protecţie+supraînălţare), mii lei/100/km *	%din valoarea liniei **	Valoarea relativă a parametrului r		Observaţii
					pentru $Scp = 50\ \text{mm}^2$	pentru $Scp = 70\ \text{mm}^2$	
1	Stîlpi metalici cu simplu circuit	47,6	486,1	—	0,108	0,083	* la 1 şi 3: $Scp = 50\ \text{mm}^2$, la 2 şi 4: $Scp = 70\ \text{mm}^2$
2	Stîlpi metalici cu dublu cicuit	97,0	673	2,32 2,1 1,82	0,22	0,168	** Valorile procentuale se dau pentru secţiunea conductoarelor active de: 150; 185; 240 mm²
3	Stîlpi de beton cu simplu circuit	342,4	780,9	4,45 4,12 3,65	0,78	0,596	
4	Stîlpi de beton cu dublu circuit	508	1 084	3,72 3,38 2,93	1,16	0,883	Scp = secţiunea conductorului de protecţie

Pentru calculul coeficientului r s-a considerat că liniile au 15% stîlpi speciali [8], distanţa între stîlpii metalici este de 250 m (4 buc./km) [11], iar la stîlpii de beton deschiderea de 230 m cu un număr de 4,35 buc./km [12]; s-a mai considerat că dimensiunea stîlpilor metalici de la bază pînă la consola superioară nu este influenţată de conductorul de protecţie, stîlpii fiind calculaţi pentru cazul cînd este rupt conductorul activ, care dă cel mai mare moment de încovoiere şi de torsiune asupra lor [9], spre deosebire de stîlpii de beton, la care s-a ţinut seamă de

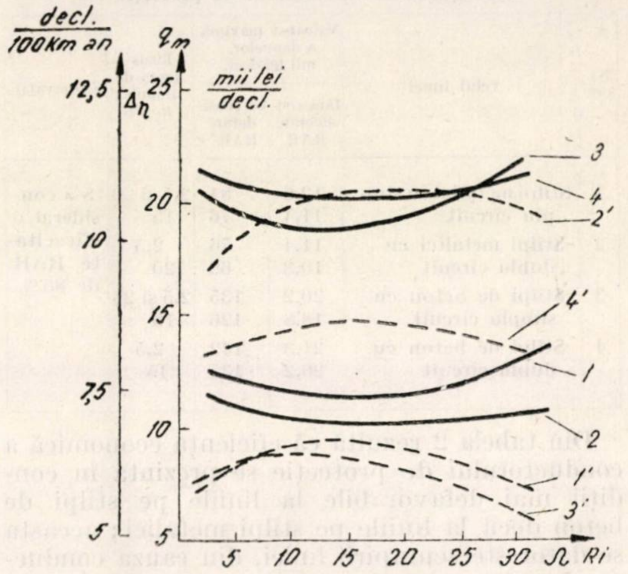


Fig. 1. Variaţia costului unei declanşări q_m în funcţie de R_i, pentru liniile cu conductor de protecţie şi a creşterii numărului de declanşări Δn ca urmare a lipsei conductorului de protecţie, în funcţie de R_i:

▬ q; - - - Δn; 1,1' – linii pe stîlpi metalici simplu circuit; 2,2' – linii pe stîlpi metalici dublu circuit; 3,3' – linii pe stîlpi de beton armat simplu circuit; 4,4' – linii pe stîlpi de beton armat dublu circuit.

această influenţă. Din această cauză rezultă şi diferenţa mare de preţ între liniile pe stîlpi de beton faţă de cele pe stîlpi metalici.

Pe baza datelor din tabela 1, considerînd $b = 2\%$ şi $\Delta n_c = 0$, s-a reprezentat grafic relaţia (8) în figura 1 pentru cele patru tipuri de linii analizate în [1], fără a se considera acţionarea RAR.

În tabela 2 sînt indicate valorile maxime ale daunei unei întreruperi datorite descărcărilor atmosferice, pentru care conductorul de protecţie este neeconomic. Aceste valori acoperă întregul domeniu de variație a rezistenței prizelor de pămînt permis de PET [19], considerînd un coeficient de impuls $\alpha_i = 0{,}7$.

Tabela 2

Valorile maxime ale daunelor unei declanșări, care justifică renunțarea la conductorul de protecție

Nr. crt.	Felul liniei	Valoarea maximă a daunelor, mii lei/decl.		Rezistența de impuls R_i (Ω)	Observații
		fără considerare RAR	cu considerare RAR*		
1	Stîlpi metalici cu simplu circuit	12,6	84	2,5 și 30	*S-a considerat o eficacitate RAR de 85%
		11,4	76	15	
2	Stîlpi metalici cu dublu circuit	11,4	76	2,5	
		10,3	69	20	
3	Stîlpi de beton cu simplu circuit	20,2	135	2,5 și 25	
		18,8	126	10	
4	Stîlpi de beton cu dublu circuit	21,3	142	2,5	
		20,2	135	15	

Din tabela 2 rezultă că eficiența economică a conductorului de protecție se prezintă în condiții mai defavorabile la liniile pe stîlpi de beton decît la liniile pe stîlpi metalici; aceasta se datorește scumpirii liniei, din cauza conductorului de protecție, în proporție mai importantă la stîlpii de beton decît la stîlpii metalici. Evident că în cazul considerării RAR, Δn micșorîndu-se, valoarea daunelor ce justifică neutilizarea conductorului de protecție se mărește de 6—7 ori, proporțional cu eficacitatea RAR.

Pentru finalizarea metodologiei de evaluare a eficacității tehnico-economice a conductorului de protecție, în cele ce urmează vom prezenta cîteva date asupra daunelor (q_m) datorite unei întreruperi provocate de descărcările atmosferice.

Aceste daune sînt formate din daune la întreprinderile consumatoare și din daune la întreprinderea furnizoare de energie electrică. Structura pierderilor economice datorite întreruperilor în producție în general este indicată în normativele [14]. Structura daunelor q_c provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică la consumatori este prezentată în detaliu într-o serie de lucrări [4] și articole[13] [16], [20], [21], iar a daunelor q_f la întreprinderea furnizoare este prezentată parțial indirect în [16].

După literatură, daunele întreprinderilor consumatoare se compun în esență din daune directe, formate din rebuturile în producție, stricarea materiei prime, avarii și deranjamente ale utilajului, amortismente și cheltuieli generale și salarii, și din daune indirecte, formate din venitul net pierdut prin nerealizarea producției. Suma lor formează daunele cauzate economiei naționale de întreruperea la consumator $(q_c)^*$. Valoarea lor este funcție de procesul tehnologic al fiecărei întreprinderi și de durata întreruperii, a cărei mărime reală (t_r) este mai mare decît durata întreruperii alimentării cu energie electrică, denumită timp de bază (t_b), deoarece reluarea procesului de producție necesită un timp suplimentar.

În literatura citată, valoarea daunelor se estimează ca daune specifice (d_c) în lei/kWh (lei pe kilowat-ora neconsumată), sau în lei/min (lei pe minutul de întrerupere).

În unele cazuri [4] se dă și raportul (K_c) dintre daunele specifice (d_c) și prețul de cumpărare a energiei electrice (p_E lei/kWh) de la sistem. Relația între aceste mărimi este:

$$d_c = p_E \cdot K_c \,. \tag{9}$$

Dacă notăm cu Z numărul întreprinderilor alimentate din stațiile de la extremitățile unei linii de transport, cu W_{cj} energia neconsumată de o întreprindere în cazul unei întreruperi, în kWh/decl., cu L lungimea liniei, în km — d_{cj} și p_E avînd semnificațiile de mai sus —, daunele totale anuale pentru o linie vor fi:

$$Q_c = \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} \sum_{j=1}^{Z} p_E\, W_{cj}\, K_{cj} = \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} \sum_{j=1}^{Z} W_{cj} d_{cj}, \text{lei/an} \tag{10}$$

unde i și j reprezintă termenii generali ai întreruperilor, respectiv ai întreprinderilor.

Valoarea medie a daunelor pe declanșare pentru o perioadă de un an pentru întreaga linie va fi:

$$q_{cm} = \frac{Q_c}{\frac{L}{100}\cdot\Delta n} = \frac{p_E}{\frac{L}{100}\cdot\Delta n} \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} \sum_{j=1}^{Z} W_{cj}\cdot K_{cj} =$$

$$= \frac{1}{\frac{L}{100}\cdot\Delta n} \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} \sum_{j=1}^{Z} W_{cj}\cdot d_{cj}, \tag{10'}$$

considerînd în prima expresie că p_E are aceeași valoare la toate întreprinderile afectate de întreruperea liniei.

Structura daunelor provocate de întreruperea liniei de transport la întreprinderile furnizoare de energie se poate considera similară cu aceea a întreprinderilor consumatoare. Este necesar să se includă și cheltuielile suplimentare de întreținere și reparații a utilajului energetic din linii, stații și centrale [15], [16], [19], precum și acelea datorite degradării premature a acestui utilaj, din cauza solicitărilor la supratensiuni și scurtcircuite provocate de aceste întreruperi. După [16] este necesar să se includă și pierderile aduse economiei naționale prin nerealizarea beneficiului ce l-ar fi produs sumele cheltuite pentru repararea liniei și utilajului energetic din sistem și cele ce s-ar fi încasat pentru energia nelivrată din cauza avariei, dacă aceste sume ar fi fost întrebuințate în alte ramuri ale economiei naționale.

---

* Cu indicele c s-a însemnat consumatorul, iar cu f—furnizorul de energie, sistemul electroenergetic.

Expresia daunelor sistemului energetic datorite întreruperilor unei linii pe timp de un an va fi:

$$Q_f = p_E \cdot K_f \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} \sum_{j=1}^{Z} W_{cj} = p_E\, K_f \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} W_{fi} =$$

$$= \sum_{i=1}^{L/100\,\Delta n} W_{fi}\, d_{fi}, \text{ (lei/an)} \qquad (11)$$

unde

$$W_{fi} = \sum_{j=1}^{Z} W_{cj}\,.$$

Valoarea medie anuală a daunelor pentru o linie va fi:

$$q_{fm} = \frac{p_E}{\frac{L}{100}\cdot\Delta n} \sum_{i=1}^{L/100\,\Delta n} W_{fi}\cdot K_{fi} =$$

$$= \frac{1}{\frac{L}{100}\cdot\Delta n} \sum_{i=1}^{L/100\,\Delta n} W_{fi}\, d_{fi} \text{ (lei/decl.).} \qquad (11')$$

Valoarea medie totală a daunelor datorite unei întreruperi a liniei de transport din cauza nemontării conductorului de protecție va fi:

$$q_{tm} = \frac{1}{\frac{L}{100}\cdot\Delta n} \sum_{i=1}^{L/100\,\Delta n} \left[W_{fi}\, d_{fi} + \sum_{j=1}^{Z} W_{cj}\, d_{cj} \right] =$$

$$= \frac{p_E}{\frac{L}{100}\cdot\Delta n} \sum_{i=1}^{L/100\,\Delta n} \left[W_{fi}\, K_{fi} + \sum_{j=1}^{Z} W_{cj}\, K_{cj} \right]. \qquad (12)$$

Cu o valoare medie pentru 1 an[*] a daunelor specifice și a coeficienților K_i și K_f, expresia (12) va deveni:

$$q_{tm} = \frac{p_E}{\frac{L}{100}\Delta n} K_i \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} W_{fi} = \frac{1}{\frac{L}{100}\Delta n} \sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} W_{fi}\, d_i\,, \qquad (12')$$

unde K_i și d_i sînt suma lui K_f și K_c, respectiv d_f și d_c.

Din compararea relațiilor (8) și (8′) cu (12′) rezultă condiția de economicitate a conductorului de protecție pentru o linie de transport:

$$\sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} W_{fi}\, d_i \geqslant \frac{L}{100}\cdot \Delta K \qquad (13)$$

pentru zonele fără chiciură intensă ($\Delta n_c = 0$) și

$$\sum_{i=1}^{L/100\cdot\Delta n} W_{fi}\, d_i \geqslant \frac{L}{100}\cdot \Delta K \cdot \frac{\Delta n}{\Delta n - \Delta n_c} \qquad (13')$$

pentru zonele cu chiciură intensă ($\Delta n_c \neq 0$).

Relațiile (12), (12′) și deci și (13), (13′) sînt valabile atît pentru liniile de transport radiale cît și pentru cele de interconexiune. Pentru al doilea gen de linii este necesar, însă, ca la evaluarea daunelor să se ia în considerare și pagubele ce au loc la consumatorii alimentați din alte linii de transport, dar care sînt afectați cu întreruperi sau limitări de consum de energie din cauza întreruperii sau indisponibilității liniei analizate.

La evaluarea daunelor totale este necesar să se includă și o cotă-parte ce se manifestă în timp de ani, rezultată din îmbătrînirea prematură a izolației echipamentului electric din sistem (generatoare, transformatoare, întreruptoare etc.) și a motoarelor consumatorilor și centralelor. Aceasta se datorește autopornirii motoarelor la RART (RAR trifazat) și componentei inverse de curent la RARM (RAR monofazic) [22], precum și solicitărilor date de supratensiuni și supraintensități. Evident că îmbătrînirea izolației va fi cu atît mai accentuată, cu cît numărul de solicitări va fi mai frecvent. Deoarece o linie fără conductor de protecție are, față de o linie cu conductor de protecție, un număr suplimentar de solicitări, egal cu $\frac{e}{100}\Delta n$, unde e este procentul de acționări reușite al RAR, rezultă că valoarea daunelor specifice (d) și cea a coeficienților K vor fi mai mari în cazul al doilea pentru același timp de bază al întreruperii. Aceste considerente contribuie, de asemenea, în favoarea menținerii conductorului de protecție, prin mărirea valorii daunelor în relațiile (13) și (13′).

Din cele de mai sus rezultă că calculul concret al eficacității economice a conductorului de protecție necesită cunoașterea unor mărimi statistice W_{cj}, W_{fi}, d_{cj}, d_{fi}, Δn și Δn_c, cu semnificațiile indicate mai sus. Mărimile d_{cj}, d_{fi} și Δn se pot determina după metodologia din lucrările de specialitate menționate. Se impune, în consecință, întocmirea unor normative pentru strîngerea datelor și organizarea evidențelor necesare evaluării cît mai precise a daunelor reale provocate de întreruperi, date necesare calculelor tehnico-economice ale diverselor variante de linii de transport.

2. Eficacitatea tehnico-economică a prizelor de pămînt cu rezistențe de valori mici

Numărul specific de declanșări ale unei linii și daunele aferente scad cînd rezistența la impuls (R_i) a prizei de pămînt se reduce; scăderea procentuală este mai mare în cazul liniilor prevăzute cu conductor de protecție decît la cele fără acest mijloc de protecție [1].

Reducerea rezistenței de legare la pămînt este posibilă fie prin îmbunătățirea rezistivității solului, fie prin montarea de elemente suplimentare (țevi, plăci, benzi). Prima cale este greu de aplicat în practică, de aceea reducerea rezistenței prizei se poate obține prin „întărirea" acesteia, adică prin adăugarea unor electrozi în plus. Costul prizei de pămînt variază însă aproximativ invers proporțional cu valoarea rezistenței la impuls; în figura 2 este reprezentată grafic această variație calculată pentru soluri de rezistivitate cuprinsă între 10 Ωcm și 5 × 10^4 Ωcm, considerînd priză din electrozi în formă de țevi, legați între ei cu platbande de oțel. În exemplul expus s-a considerat și fundația stîlpului ca fiind un electrod de legare la pămînt.

---

[*] Evident că valoarea medie pentru o perioadă mai mare, de exemplu termenul de recuperare de 10 ani, va fi mai exactă, fiind vorba de mărimi statistice. Calculul pentru o astfel de perioadă este însă mai dificil, din cauza fluctuației prețurilor.

Din cele arătate rezultă că pentru prize cu rezistență la impuls mică scad daunele cauzate de avarii, dar cresc cheltuielile de exploatare și de recuperare a investițiilor; pentru rezistențe mari, daunele cresc ca urmare a măririi numărului specific de avarii, dar scad în schimb cheltuielile anuale pentru priză. Se poate astfel determina o valoare a rezistenței pentru care cheltuielile anuale variabile cu rezistența $K(R_i)$, date de relația (14), au o valoare minimă [18].

$$K\,(R_i) = n_s\,(R_i)\,q_m + (a + b + E)\,I_{pr}\,(R_i) \quad (14)$$

unde:

$n_s\,(R_i)$ reprezintă numărul specific de declanșări, variabil cu R_i [1];

$I_{pr}\,(R_i)$ — investițiile în priză variabile cu R_i conform figurii 2;

E,a,b și q au semnificația de la punctul 1.

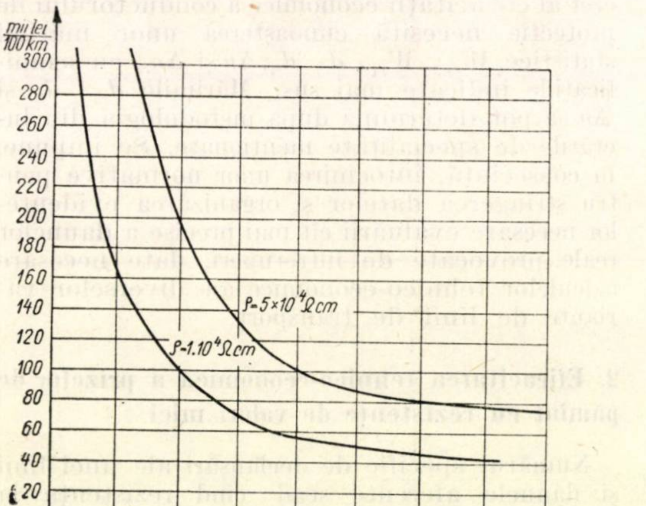


Fig. 2. Variația investițiilor în priză cu valoarea lui R_i (rezistența de impuls) pentru o priză din țevi.

Valoarea prizei astfel obținută este deci optimă din punct de vedere economic.

În figura 3 s-a reprezentat această variație $K(R_i)$ pentru o linie de 110 kV pe stîlpi metalici cu simplu circuit, avînd conductor de protecție, luîndu-se ca parametri rezistivitatea solului și costul unei declanșări.

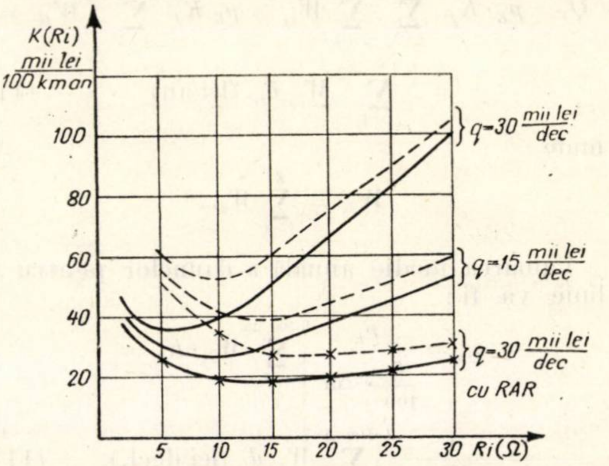


Fig. 3. Variația cheltuielilor anuale suplimentare cu priza de punere la pămînt:

- - - ρ = 5.10^4 Ωcm; —— ρ = 1.10^4 Ωcm.

Se observă, în exemplul analizat, că priza de pămînt optimă la un cost al declanșării de 30 mii lei/decl. este de 10 Ω, respectiv 5 Ω pentru soluri cu rezistivitatea 10^4 Ω cm, respectiv 4.10^4 Ω cm; în cazul prevederii RAR, optimul este mai puțin evident, fiind de aproximativ 13 Ω, respectiv 18 Ω.

Din analizarea curbelor rezultă, de asemenea, că rezistențele de valoare redusă sînt justificate îndeosebi la liniile care alimentează consumatori importanți (la care costul unei declanșări este mare) sau pentru cazul trecerii acesteia prin zone avînd soluri de rezistivitate redusă.

Trebuie menționat totodată că prizele de pămînt reprezintă doar 0,5–2% din costul liniilor de 110 kV și că reducerea lor ca atare nu are influență mare asupra costului liniei în ansamblu. Apare astfel rațional ca la dimensionarea rezistențelor să se aleagă întotdeauna o valoare mai mică sau egală cu cea optimă. Dependența rezistenței optime de rezistivitatea solului justifică în mare măsură normarea primei mărimi în funcție de cea de-a doua [19].

Acoperirea cazurilor ce se întîlnesc în practica de proiectare (diferite tipuri de electrozi, configurație a prizei) se poate realiza prin efectuarea calculelor și întocmirea diagramelor și pentru alte tipuri de linii și pentru alte rezistivități de soluri decît cele considerate mai sus, în conformitate cu metodologia stabilită.

Concluzii

Pe baza celor arătate se pot trage următoarele concluzii:

1. Stabilirea mijloacelor necesare protecției supratesiunilor atmosferice la liniile de înaltă

tensiune poate și trebuie să se facă pe baza considerării eficacității tehnico-economice. În acest sens, în lucrare s-au stabilit relațiile care determină condiția de economicitate, alegîndu-se ca parametru caracteristic costul mediu al unei declanșări.

Pentru exemplificarea metodologiei propuse s-au făcut aplicații la o serie de linii radiale de tipul celor construite în R.P.R.

2. Pentru aplicarea metodologiei este necesară cunoașterea daunelor specifice cauzate atît consumatorilor cît și furnizorilor de energie, ca urmare a întreruperii liniilor datorită supratensiunilor atmosferice ; s-a caracterizat în acest sens structura daunelor și s-a scos în evidență necesitatea întocmirii unei statistici de exploatare și a calculului daunelor specifice, care să pună în evidență toate elementele componente.

3. Prin aplicarea metodologiei stabilite la liniile radiale de 110 kV, a rezultat informativ, că se poate renunța la conductorul de protecție în cazul cînd o declanșare provoacă daune mai mici de circa 20 mii lei pentru linii pe stîlpi de beton și 11,5 mii lei pentru liniile pe stîlpi de metal fără considerarea RAR, și de circa 135 mii lei, respectiv circa 76 mii lei la considerarea unei eficacități de 85% RAR.

În cazul lipsei conductorului de protecție ar trebui să se țină seamă de solicitările suplimentare ale echipamentului datorită funcționării RAR, potrivit celor menționate în lucrare.

4. Priza de legare la pămînt de valoare redusă este un mijloc eficient de protecție ; valoarea ei optimă din punct de vedere economic variază cu rezistivitatea solului și cu costul declanșării ; în cazul considerat al unei linii radiale, pentru un cost al declanșării de 30 mii lei, valoarea optimă este de 5 Ω, respectiv 10 Ω, corespunzător rezistivităților solului de 10^4 Ωcm și 5×10^4 Ωcm.

Bibliografie

[1] Adămuț, I. și Popa, B. *Protecția liniilor de* 110 kV *contra supratensiunilor atmosferice.* În : Energetica 9 (1962), nr. 1.

[2] * * * *Metodologia tip pentru determinarea eficacității economice a investițiilor capitale și a tehnicii noi în economia națională a U.R.S.S.* În : Informații documentare 1960, M.I.G.—D.G.E.E.

[3] Ahundov, V. E. *K voprosu o metodika tehniko-ekonomiceskih rașcetov v energhetike.* În : Elektricestvo nr. 6, 1959, p. 81.

[4] Afonin, C. N. *Nadejnosti elektrosnabjenih promîșlennîh predpriatii.* Moskva—Leningrad, Gosenergoizdat, 1958.

[5] M.I.G.—D.E.E. *Prescripții pentru protecția contra supratensiunilor a instalațiilor electrice cu tensiuni peste* 1 000 V. Prescripția nr. 6—57. OPED, 1957.

[6] * * * *Catalog de prețuri unitare pe articole de deviz pentru lucrări de linii electrice aeriene și subterane de* 6, 15, 25, 35 și 110 kV. W 1959, I.C.S.E., 1958.

[7] H.C.M. 1251 din 1954 și D.C.M. 555 din 1953.

[8] C.S.C.A.S. *Linii de 110 kV. Prețuri plafon pentru 15% stîlpi speciali.* În : Buletinul C.S.C.A.S. Anul II, nr. 11, 1961, p. 58—59.

[9] M.I.G.—D.G.E.E. *Prescripții pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică peste* 1000 V, ediția a II-a. I.C.S.E. 1960.

[10] Avramescu, A. *Principiile protecției contra supratensiunilor atmosferice.* În : Electricitatea nr. 45, 1952, p. 10.

[11] Petrescu, C. și Chiriță, I. *Deschiderea economică pentru linii de* 110 kV *pe stîlpi de metal.* Energetica 8 (1960), nr. 1, p. 45.

[12] Voicum, Al. *Stadiul actual al lucrărilor de linii și stații de transformare în R.P.R., în comparație cu tehnica mondială.* M.I.G.—D.G.E.E. Informații documentare 1960.

[13] Guțu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Determinarea daunelor provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică.* Studii și cercetări de energetică, nr. 4, 1961.

[14] C.S.P., M.F., D.C.S. *Reguli de bază pentru planificarea, evidența și calcularea prețului de cost al producției industriale.* 1955.

[15] M.E.E.I.E. *Instrucțiunea nr. 13—55. Instrucțiuni pentru exploatarea și întreținerea rețelelor aeriene de energie electrică cu tensiunea peste* 1000 V, ediția a II-a, Editura Energetică de stat, 1955.

[16] Constantinescu, E. și Borza, N. *Etude sur la détermination des coefficients économiques de sécurité des lignes électriques aériennes.* Raport 220, CIGRE 1960.

[17] Guțu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Calculul efectelor economice provocate de întreruperile electrice la filaturile de bumbac și la finisajul țesăturilor de bumbac.* Industria Textilă nr. 8, 1962,

[18] Popa, B. și Adămuț, I. *Analiza comportării liniilor de înaltă tensiune la supratensiuni atmosferice.* Studii și cercetări de energetică, nr. 4, 1961.

[19] M.I.G.—D.G.E.E. *Prescripții de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice*, ediția a II-a, 1960.

[20] Guțu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Daune provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică la fabricarea fibrelor sintetice poliamidice.* Studii și cercetări de energetică, nr. 2, 1962.

[21] Guțu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Daune provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică la fabricarea mătăsii-viscoză.* Studii și cercetări de energetică nr. 1, 1961.

[22] Penescu, C. *Automatica și telemecanica sistemelor energetice*, vol. II, Ed. Acad. R.P.R., 1960, p. 539—549 ; p. 458 ; p. 538.

Protecţia contra incendiului a generatoarelor electrice

Ing. *EMIL PASERE*

Performanțele mașinilor și ale aparatajului electric modern, precum și realizarea corespunzătoare a instalațiilor electrice, supravegheate și exploatate conștiincios, au făcut ca incendiile în instalațiile electrice în general [1] și la generatoarele electrice în special [2] să fie extrem de rare. Rămîne, totuși, datoria tuturor electricienilor să se intereseze de mijloacele moderne de stingere a incendiilor.

Pentru ca un incendiu să poată apărea, trebuie să existe concomitent următoarele condiții [3]:

a) să existe un material combustibil;

b) oxigenul să fie în cantitate suficientă pentru a întreține arderea;

c) materialul combustibil să aibă temperatura de aprindere;

d) proporția dintre oxigen și combustibil să fie la o valoare potrivită.

Dacă se modifică cel puțin una dintre condiții, arderea se întrerupe.

Primele două condiții sînt legate de material și sînt greu modificabile. Celelalte două acționează asupra stării materialului, și prin modificarea lor se obține stingerea incendiului:

— prin „înăbușire", dacă se acționează asupra raportului dintre oxigen și combustibil, sau

— prin „răcire", dacă se răcește materialul aprins sub temperatura sa de aprindere.

Ca agenți de stingere, la generatoare se utilizează obișnuit:

— apa, pentru răcire și înăbușire;

— bioxidul de carbon sau aburul, pentru înăbușire.

1. Clasificarea generatoarelor

Principalele tipuri de generatoare electrice din R.P.R. sînt:

— turbogeneratoarele;

— generatoarele cu motor Diesel;

— hidrogeneratoarele.

După sistemul de răcire a înfășurărilor, generatoarele pot fi:

— cu sistem de răcire în circuit deschis cu aer;

— cu sistem de răcire în circuit închis cu aer;

— cu sistem de răcire în circuit închis cu hidrogen.

În cazul generatoarelor răcite cu hidrogen trebuie să fi avut în vedere și zona de inflamabilitate a acestuia [4]. Zona de inflamabilitate se definește ca volumul de gaz raportat procentual la volumul total de amestec hidrogen—aer și ea este cuprinsă între 5% și 75%. Acest fapt determină:

— pe de o parte necesitatea menținerii unei concentrații superioare cifrei de 75%; în general, ea se menține la minimum 96%, reducîndu-se astfel riscurile exploziilor. În același timp, constructorii dimensionează carcasa statorului astfel ca ea să reziste presiunilor maxime care pot să apară în cazul unei explozii interne, datorită amestecului detonant aer—hidrogen (de exemplu, statorul trebuie să suporte o presiune de 7 kg/cm^2 fără deformații permanente și 14 kg/cm^2 fără ruptură);

— pe de altă parte, limita inferioară de inflamabilitate impune necesitatea etanșării cu grijă a tuturor circuitelor de hidrogen, precum și de a grupa în localuri bine ventilate aparatele de măsură a acestor circuite.

2. Punctele din generator mai expuse la incendiu

Locurile în care se declară mai frecvent incendiile la generatoare sînt: părțile frontale ale înfășurării statorului, înfășurările rotorului aflate direct sub bandaj, partea înfășurării aflată în crestătura statorului, oțelul statorului, bornele de ieșire ale generatorului așezate în camera de răcire și lagărele generatorului.

Instrucțiunile în vigoare prevăd obligativitatea măsurării și înregistrării temperaturii înfășurării și a oțelului statorului, precum și temperatura aerului de răcire la intrarea și ieșirea din turbogenerator. Pentru agregatele Diesel sînt aceleași prescripții. La hidroagregate este obligatorie, în plus, măsurarea temperaturii corpului crapodinei, a ghidajelor lagărelor, a uleiului din sistemul de ungere și de reglare, precum și a apei de răcire a răcitorului de ulei.

3. Agentul de stingere

Ca fluid de stingere, experiența și literatura sovietică [5, 6, 7, 8] recomandă apa, care trebuie introdusă imediat în mașină la declanșarea incendiului. Orice ezitare în utilizarea apei duce la pericolul distrugerii grave a agregatului. Este indicată cu atît mai mult cu cît, de foarte multe ori în momentul izbucnirii incendiului la generatoare au loc și unele explozii locale, cauzate de scurtcircuite în interiorul mașinii, explozii care pot provoca smulgerea carcasei generatorului, spargerea geamurilor vizoarelor, iar datorită deschiderilor formate se împiedică, pe de o parte, realizarea concentrației de CO$_2$ sau de abur necesară stingerii prin înăbușire, iar pe de altă parte se permite intrarea aerului din exterior.

Experiența a dovedit că un generator udat cu apă se usucă în cîteva zile, timp în care și izolația revine la clasa ei normală.

4. Tipuri de instalații de stingere

Acestea se pot clasifica după modul de declanșare a stingerii, care se poate face:

— la comandă manuală, cînd personalul de exploatare a generatorului ia cunoștință de declanșarea incendiului și acționează asupra deschiderii fluidului de stingere;

— la comandă automată, cînd diferite elemente ale schemei de automatizare stabilesc, automat, prezența incendiului în generator și declanșează instalația de stingere a incendiului.

Comanda manuală se utilizează la generatoarele de puteri mici (pînă la 25 MVA). Pînă nu de mult, comanda manuală se utiliza și la generatoarele de puteri mari. În prezent se manifestă tendința de automatizare a instalațiilor de stingere a incendiului la marile agregate.

5. Avertizoare de incendiu

Pentru detectarea temperaturilor periculoase la generatoare, la noi se utilizează termorezistențe plate speciale (0,8 × 15 × 250 mm—100 Ω la 0°C, din cupru), cu ajutorul cărora se măsoară temperatura bobinajelor și a fierului statorului; pentru lagăre și răcitoare (în cazul sistemului de răcire cu circuit închis) se utilizează termorezistențe cilindrice (100 Ω la 0°C, din cupru), precum și termometre cu mercur cu tub capilar.

O soluție modernă pentru semnalizarea temperaturilor peste limita admisibilă și pentru măsurarea lor la cerere este indicată în lucrarea [5] și se bazează pe efectul de releu, care apare în anumite condiții în circuitele cu termistoare.

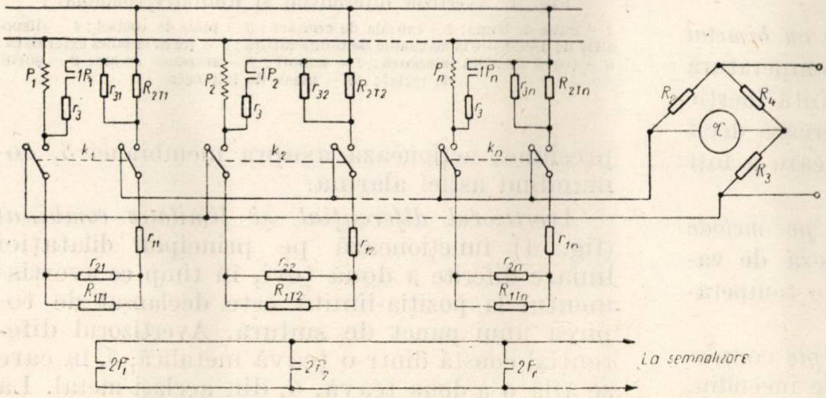


Fig. 1. Schema instalației de control al temperaturii cu termistoare.

În schema din figura 1 este prezentată această soluție; ea folosește cîte două termistoare pentru fiecare punct de măsură.

În schemă sînt prevăzute n puncte de măsură. Termistorul R_{1T1} este traductorul de temperatură al schemei și are o caracteristică liniară, servind atît pentru măsurat cît și pentru semnalizare. În mod normal, comutatorul bipolar K_1 îl menține în schema de semnalizare. În acest caz, termistorul R_{1T1} este inseriat cu releul P_1 și cu termistorul R_{2T1}. Alimentarea schemei se face în curent continuu stabilizat.

La creșterea temperaturii în punctul controlat scade rezistența termistorului R_{1T1} și ca urmare revine o tensiune mai mare pe termistorul R_{2T1}. Acesta are o caracteristică neliniară, iar cînd tensiunea pe el atinge valoarea de dezvoltare a efectului de releu, crește brusc curentul și acționează releul P_1, provocînd semnalizarea. Acest releu, prin contactul său $1P_1$, șuntează termistoarele prin rezistența r_3, pentru a se preîntîmpina deteriorarea acestora la trecerea îndelungată a unui curent mare. Rezistențele r_{11}, r_{21} și r_{31} servesc pentru corecția parametrilor de funcționare a schemei.

La semnalizarea depășirii temperaturii-limită reglată de către releul P_1, prin contactul său $2P_1$, se trec pe rînd comutatoarele $K_1, \ldots, K_n$ pe poziția de măsurătoare, prin aceasta trecîndu-se termistoarele $R_{1T1}, \ldots R_{1Tn}$ pe un braț al punții de măsurătoare a temperaturii, putîndu-se stabili astfel unde s-a depășit temperatura.

Pentru comanda automată a instalațiilor de stingere este necesar un impuls de pornire. Acest impuls este dat de un detector de incendiu. Se cunosc din literatură mai multe metode de detectare a incendiului, unele bazate pe creșterea temperaturii, iar altele pe detectarea fumului [2, 3, 9, 10].

A. *Creșterea temperaturii* se poate detecta prin:

a) Metode mecanice:

— nitroșnur.

b) Metode termostatice:

— sudură ușor fuzibilă;

— cu bimetal.

c) Metode termo-velocimetrice:

— cu termocuple inseriate;

— diferențial, cu unde de presiune;

— diferențial și limitativ combinat;

B. *Detectoarele de fum* sînt de două tipuri:

— cu camere de ionizare;

— cu celule fotoelectrice:

  — pentru spectru infraroșu;

  — pentru spectru vizibil.

Nitroșnurul este un fir special din bumbac, sub formă de șnur, cu diametrul de 3 mm, tratat chimic, foarte ușor inflamabil. El se aprinde direct de la scîntei, sau la creșterea temperaturii mediului ambiant peste 185°C , și arde cu viteza de 0,5 m/s. Are rezistența la rupere la +20°C de 2,2–2,5 kg, iar la +110°C de 1,8–2,2 kg.

Ca traductor termic, nitroșnurul se înfășoară pe capetele frontale ale bobinelor, în părțile cele mai periculoase. El se segmentează, pentru a scurta timpul de primire a impulsului; cele două capete de nitroșnur ale fiecărei secțiuni se leagă la niște microîntreruptoare, care sînt ținute în poziție de repaus. La arderea șnurului, ele se comută pe poziție de lucru și comandă declanșarea instalației de stins incendiul și alarma.

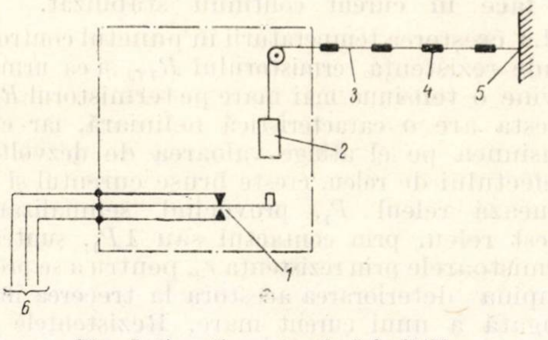


Fig. 2. Avertizor cu sudură fuzibilă :
1 – contact; *2* – greutate; *3* – piesă intermediară; *4* – element fuzibil; *5* – punct fix; *6* – conexiuni la dispozitivul de alarmă.

Avertizorul de incendiu cu sudură fuzibilă (fig. 2), în principiu, constă din mai multe piese ce sînt sudate între ele printr-un aliaj cu punct de topire jos. Punctele de sudură [4], la temperatura de topire, se înmoaie; greutatea *2* acționează contactul *1*, care dă alarma.

Avertizorul de incendiu termostatic cu bimetal stabilește un contact electric la o temperatură dată; el are, pe de o parte, o anumită inerție termică, iar pe de altă parte nu lucrează decît dacă s-a atins temperatura pentru care a fost reglat.

Avertizoarele de incendiu bazate pe metode termo-velocimetrice detectează o viteză de variație în timp a temperaturii, și nu o temperatură dată.

Avertizorul de incendiu cu termocuple controlează punctele în care este pericol de incendiu, avînd montate în serie, într-un circuit electric parcurs de un curent permanent, toate aceste termocuple. Se aranjează schema în așa fel, încît la o creștere de temperatură dată curentul determinat de termocuple să fie de sens contrar curentului inițial, și se detectează anularea acestuia. Acest tip de avertizor, lucrînd cu curent de repaus, prezintă o siguranță mare în funcționare: la întreruperea circuitului se obține o alarmare, ca și în cazul incendiului.

Avertizorul de incendiu diferențial cu unde de presiune (fig. 3). Dispozitivul răspunde la o degajare anormală de căldură, oricare ar fi temperatura ambiantă.

Avertizorul utilizează ca element sensibil („antenă'') un tub capilar din cupru, *8*, care se instalează acolo unde se apreciază că este pericol de incendiu. Dacă temperatura ambiantă crește încet, coloana de aer din țeava de cupru se dilată tot încet, iar suprapresiunea se poate echilibra prin deschiderea capilară *6*, din cutia aparatului. Dacă se produce o încălzire bruscă, presiunea acționează asupra membranei *3*, comandînd astfel alarma.

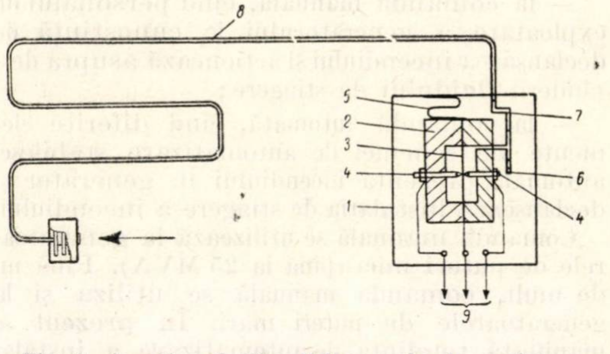


Fig. 3. Avertizorul diferențial cu unde de presiune :
1 – cutia aparatului; *2* – cutia de protecție a contactelor; *3* – membrană de contact; *4* – șurub de reglaj al contactelor; *5* – suspensie cu resort; *6* – deschidere capilară; *7* – țeavă de racordare; *8* – tub capilar din cupru („antenă''); *9* – conexiuni la dispozitivul de alarmă.

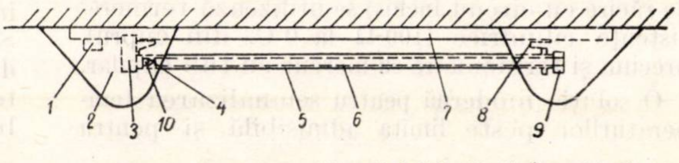


Fig. 4. Avertizor diferențial și limitativ combinat :
1 – cutie de borne; *2* – capsula de contact; *3* – piesă de contact; *4* – dispozitiv de declanșare la maximum de temperatură; *5* – țeavă metalică exterioară; *6* – țeavă metalică interioară; *7* – suport; *8* – suspensie cu arc; *9* – șurub de reglaj; *10* – piesă de împingere.

Avertizorul diferențial și limitativ combinat (fig. 4) funcționează pe principiul dilatației liniare diferite a două țevi, în timp ce avertismentul la poziția-limită este declanșat de topirea unui punct de sudură. Avertizorul diferențial constă dintr-o țeavă metalică, *5*, în care se află o a doua țeavă, *6*, din același metal. La extremitatea țevii exterioare este fixată capsula *2* a unei piese de contact *3*, cu un joc foarte mic. Piesa *10*, solidară cu țeava interioară, acționează butonul împingător. La celălalt capăt, cele două țevi sînt legate prin șurubul de reglaj *9*. Dacă temperatura crește repede, țeava exterioară se încălzește mai repede decît cea interioară și contactul se închide. Sensibilitatea avertizorului se reglează cu ajutorul șurubului de reglaj *9*.

Detectorul de fum cu camere de ionizare (fig. 5) are două camere de ionizare : una exterioară, *1*, cealaltă interioară, *3* ; în ambele camere aerul este ionizat prin preparatele radioactive *2* și *4*, fără efect în exterior. Camera exterioară, *1*, se află în legătură cu aerul ambiant, iar cea interioară, *3*, este închisă față de gazele de ardere. Cele două camere sînt conectate în serie și legate la tiratronul cu catodă rece *5*. Cînd gazele de ardere pătrund în camera *1*, rezistența electrică a camerei crește și, o dată cu ea, tensiunea electrodului de comandă *6*. Îndată ce valoarea predeterminată, reglabilă, este atinsă, electrodul de comandă deblochează tiratronul, curentul trece prin acesta, releul electromagnetic *9* este acționat și declanșează alarma.

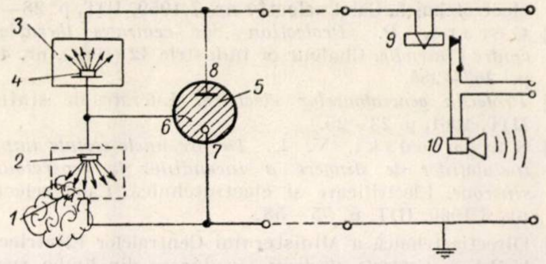


Fig. 5. Avertizor de incendiu cu camere de ionizare :

1 — cameră exterioară ; *2* și *4* — preparate radioactive ; *3* — cameră interioară ; *5* — tiratron cu catodă rece ; *6* — electrod de comandă ; *7* — catodă ; *8* — anodă ; *9* — releu electromagnetic ; *10* — hupă de alarmă.

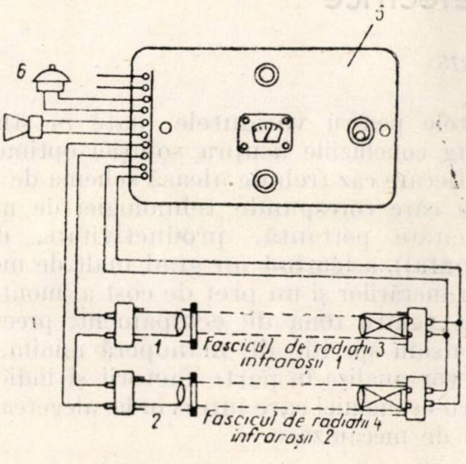

5
6
7
1
Fascicul de radiații infraroșii 1
3
2
Fascicul de radiații infraroșii 2
4

Fig. 6. Detector de fum cu celule fotoelectrice :

1 și *2* — emițător-proiector ; *3* și *4* — receptor — celule fotoelectrice ; *5* — tablou de avertizare ; *6* — sirenă de alarmă principală ; *7* — hupă de alarmă pentru deranjament în rețeaua de alimentare.

Detectorul de fum cu celule fotoelectrice (fig. 6) se compune dintr-un emițător și un receptor echipat cu celule fotoelectrice, sensibile la radiații infraroșii sau la lumina vizibilă. Emițătoarele *1* și *2* sînt formate din proiectoare de 6 V și 15 V, inseriate.

Celulele fotoelectrice *3* și *4* sînt legate într-o schemă de compensare în două brațe ale unei punți. Dacă intervine fumul și întrerupe unul din fasciculele de raze, puntea se dezechilibrează, deoarece celulele fotoelectrice sînt iluminate în mod diferit, și este comandată sirena de alarmă *6*.

Tabloul de automatizare *5*, care cuprinde în el puntea, mai are un transformator de rețea, relee și un amplificator cu tranzistoare.

Pe placa frontală a tabloului este instalat un indicator de nul, care servește la reglarea echilibrului punții. Hupa *7* dă un semnal de alarmă în cazul cînd intervine un deranjament : întreruperea alimentării de la rețea sau întreruperea funcționării unui emițător-proiector.

Concluzii

Stingerea incendiilor la generatoare se va face cu apă, de la o instalație fixă de stins incendiul, menținută sub presiune, cu excepția generatoarelor răcite cu hidrogen.

Comanda instalației de stingere se face :

— manual, pentru generatoarele mici, cu puteri pînă la 25 MVA ;

— automat, pentru generatoarele cu puteri peste 25 MVA.

Concomitent cu comanda declanșării instalației de stingere trebuie să se ia următoarele măsuri minime :

— să se deconecteze generatorul de la bare ;

— să se deconecteze excitația generatorului ;

— să se oprească ventilatorul din sistemul de răcire cu circuit închis al generatorului (dacă este cazul) ;

— să se închidă manual registrele de intrarea și ieșirea aerului din generator, în cazul sistemului de răcire cu circuit deschis.

O schemă de stingere automată cu apă trebuie să asigure cel puțin următoarele funcțiuni :

— un impuls de pornire automată a apei în țevile de stropire, în caz de incendiu ;

— oprirea automată a alimentării cu apă a țevilor de stropire ;

— posibilitatea comenzii manuale (pornire și oprire) a instalației de stins incendiul, în caz că se constată că instalația automată de stingere este defectă ;

— controlul automat al poziției normale de lucru a detectorului de incendiu ;

— transmiterea automată a impulsului de conectare a semnalizării de avarie a generatorului, în cazul defectării detectorului de incendiu sau în cazul întreruperii circuitului de control ;

— transmiterea automată a impulsului pentru deconectarea întreruptorului automat al generatorului, în caz de incendiu ;

— conectarea automată a semnalului de alarmă acustic, în caz de incendiu.

Față de cele prezentate, se recomandă ca :

a) să se studieze și să se realizeze, la fiecare generator electric din centrale, o schemă de semnalizare a supratemperaturii și măsurare a temperaturii în diferite puncte (camere de răcire, fier-stator, bobinaje-stator etc.) cu termistoare (la noi în țară, uzinele „Electronica" au realizat un prim lot experimental de termistoare) ;

b) ca impuls de declanșare a instalației automate de stingere să se utilizeze :

— fie nitroșnurul, în măsura în care se va reuși ca și la noi să se obțină un produs similar, cu performanțele descrise ale materialului respectiv sovietic ;

— fie comanda dată de protecția diferențială a generatorului cu condiția existenței fumului, de preferință cu un detector de fum cu camere de ionizare, dispozitiv ce ar fi de dorit să fie studiat de către Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R., deoarece acest detector are o mulțime de alte aplicații. Detectoarele de fum urmează să fie amplasate la răcitoarele de aer, în cazul sistemului de răcire în circuit închis, și în camerele colectoare de aer cald, în cazul sistemului de răcire în circuit deschis.

Bibliografie

[1] *Protection et lutte contre les incendies dans les entreprises d'électricité.* Rapport sur la 18-e assemblée de discussions, de l'UCS. Bull. ASE **49** (1958), nr. 19, p. 937–941.

[2] *Prevenirea și combaterea incendiilor în instalațiile electrice.* Culegere de material documentar. IDT, 1961, 156 p.

[3] Habacher, H. *Protecția și combaterea incendiilor în întreprinderile de electricitate. Mijloacele de combatere a incendiilor în instalațiile electrice.* Electrificare și electrotehnică. Caiet selectiv nr. 7/1959, IDT, p. 28–36.

[4] Gérard, P. *Protection des centrales thermiques contre l'incendie.* Chaleur et industrie **42** (1961), nr. **434**, p. 267–286.

[5] *Protecția generatoarelor electrice.* Lucrare de sinteză. IDT, 1961, p. 23–25.

[6] Sargorodski, V. L. *Despre unele cerințe impuse instalațiilor de stingere a incendiilor la generatoarele sincrone.* Electrificare și electrotehnică. Caiet selectiv, nr. 8/1960, IDT, p. 55–58.

[7] Direcția tehnică a Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S. *Centrale electrice* (traducere din limba rusă). MEEIE, nr. 2, 1955.

[8] *Protecția instalațiilor electrice împotriva exploziilor și incendiilor.* IDT, 1961.

[9] Reishaus, M. *Feuerschutzmassnahmen in elektrischen Anlagen.* Elektrotechnik. Der Elektro-Markt **42** (1960), nr. 39, p. 361–363.

[10] Emschwiller, A. *Protection des installations industrielles contre l'incendie.* Chaleur et industrie **41** (1960), nr. 417, p. 113–120.

Alegerea mecanismelor principale necesare mecanizării montajului de centrale termoelectrice

Ing. *ANATOL MĂCRIȘ*

La proiectarea unei scheme de mecanizare totală a procesului de montaj, se scoate în evidență mecanismul care execută operația fundamentală din procesul tehnologic respectiv și care imprimă modul de lucru și de organizare a întregii producții. Toate celelalte mecanisme ale schemei de mecanizare totală trebuie alese cu productivități, regimuri și grafice de lucru corespunzătoare, astfel încît să poată urmări ritmul impus de mecanismul de bază. Alegerea corectă a acestui mecanism va hotărî în mare măsură eficiența tehnico-economică a mecanizării. Pentru alegerea corectă a acestui mecanism nu este suficient să se cunoască performanțele constructive, tehnico-economice și de exploatare ale mecanismului, ci mai este necesară cunoașterea detaliată a condițiilor în care va lucra în procesul tehnologic de montaj al echipamentului termomecanic.

Pentru a se găsi soluția schemei de mecanizare optimă din punct de vedere tehnic și economic, este necesar să se studieze mai multe variante. Pentru fiecare variantă se iau în considerație sau se calculează principalii factori tehnici și indicatori tehnico-economici, apoi se compară rezultatele pentru variantele luate în studiu și se trag concluziile asupra soluției optime.

În fiecare caz trebuie aleasă schema de mecanizare care corespunde tehnologiei de montaj (capacitate portantă, productivitate, durată de montaj), asigurînd un grad înalt de mecanizare a lucrărilor și un preț de cost al montajului minim pentru tona de echipament, precum și un consum specific de manoperă minim.

Se vor analiza în parte factorii și indicatorii tehnico-economici care intervin la alegerea schemelor de mecanizare.

1. Factorii tehnici la alegerea mecanismului de montaj

1.1. *Tipul mecanismului* se alege în funcție de tipul centralei electrice și de schema și metodele tehnologice alese. Trebuie luate în considerație dispoziția și dimensiunile obiectivelor centralei electrice, în special ale corpului principal, numărul și puterea agregatelor care se montează, dispoziția echipamentului tehnologic în plan și în spațiu, volumul general al lucrărilor de montaj, gradul de preasamblare în blocuri, greutatea medie și maximă a blocurilor preasamblate, înălțimea necesară pentru ridicarea blocurilor, tipul constructiv al corpului principal al centralei electrice — închis, semi-deschis sau deschis, — posibilitatea folosirii construcțiilor ca puncte de sprijin sau de fixare pentru mecanismul de ridicare [1].

Pentru centralele termoelectrice mari, alegerea mecanismelor de bază pentru montajul echipamentului în sala cazanelor, sala mașinilor, stația de epurare chimică etc. se face încă în stadiul de studiu-temă de proiectare, punîndu-se în concordanță cu dispoziția și tipul echipamentului tehnologic și al elementelor constructive ale centralei.

Mecanism principal este considerat mecanismul care asigură ridicarea și montarea a 75—80% din greutatea totală a echipamentului aflat în zona sa de acțiune.

O atenție deosebită trebuie acordată alegerii mecanismului principal al sălii cazanelor, care determină termenul de punere în funcțiune a grupului cazan-turbină.

La alegerea tipului de macara pentru montaj, trebuie luate în considerație în primul rînd deschiderea brațului macaralei, înălțimea de ridicare la cîrligul macaralei și raza de acțiune.

În practica Trustului de construcții și montaje energetice (TCME) al Ministerului Minelor și Energiei Electrice se utilizează următoarele noțiuni, în scopul alegerii optime a tipului de mecanism de ridicare principal la sala cazanelor :

a) Gradul de utilizabilitate la montajul cazanului, raportul dintre greutatea subansamblelor introduse în poziție tehnologică cu ajutorul macaralei și greutatea totală a subansamblelor. Se disting trei grade de utilizabilitate la montaj :

— gradul I de utilizabilitate, în situația în care se pot monta cu ajutorul macaralei, pe partea superioară a cazanului, toate subansamblele cazanului. În acest caz, înălțimea maximă necesară a cîrligului macaralei trebuie să fie egală cu înălțimea cazanului, plus lungimea maximă a subansamblului celui mai mare. În acest caz, gradul de utilizabilitate al macaralei este de 100% ;

— gradul II de utilizabilitate, în situația în care se pot monta cu ajutorul macaralei, pe partea superioară a cazanului, toate subansamblele în afara blocurilor de ecrane. În acest caz, înălțimea maximă necesară a cîrligului macaralei trebuie să fie egală cu înălțimea cazanului plus circa 10 m. Gradul de utilizabilitate este de circa 70% ;

— gradul III de utilizabilitate, în situația în care se poate monta numai carcasa cazanului, pe partea superioară nemaiputîndu-se monta nimic. Înălțimea maximă a cîrligului macaralei depășește cu puțin înălțimea cazanului. Gradul de utilizabilitate a macaralei este de circa 35%.

Se menționează că gradul de utilizabilitate astfel definit nu se aplică în cazul montării cazanelor cu podul rulant, în care tehnologia de montaj este diferită. În practica TCME nu s-a aplicat pînă în prezent montajul cazanelor cu pod rulant sau macara-portal.

b) Gradul de mobilitate:

I — macarale pe șenile ;
II — macarele pe căi de rulare ;
III — macarale fixe.

În plus, aici trebuie indicat, la macaralele fixe și turn, unghiul de rotire al macaralei, constructiv și posibil în condițiile concrete de pe șantier ; de asemenea lungimea căilor de rulare, la macaralele pe căi de rulare și la poduri rulante, în condițiile concrete de pe șantier și zona de acțiune realizabilă în metri pătrați.

c) Coeficientul de baleiaj al suprafeței cazanului de către macara, definit ca raportul dintre suprafața cazanului baleiată de cîrligul macaralei (în poziția care asigură minimum 50% din capacitate) și întreaga suprafață a cazanului.

Montarea unor elemente neintrate în componența blocurilor, care au de regulă greutăți mici, se face cu mecanisme auxiliare, de exemplu: monoraiuri în sala cazanelor, macarale-consolă sau macarale-capră de 5 t în sala mașinilor, pentru a nu folosi mecanismele principale în operații cu totul neproductive.

1.2. *Capacitatea portantă a mecanismului* sau a mai multor mecanisme conjugate, cu care este dotată o zonă de montaj, se determină în funcție de greutatea maximă de ridicat, în cazul în care acest lucru nu atrage o mărire a capacităților portante, necesitate de ridicarea majorității blocurilor cu mai mult de 50%, sau în cazul în care există un număr mare de agregate de montat. Cîteodată este necesar ca la ridicarea unor blocuri foarte grele (tamburele cazanelor, statoarele generatoarelor electrice, tamburele morilor cu bile etc.) să se ajute mecanismele alese cu instalații de tachelaj speciale. La folosirea mai multor mecanisme de ridicat de aceeași capacitate portantă sau diferită, este necesar ca aceste mecanisme să aibă toate vitezele egale și să li se poată aplica traverse de ridicat speciale.

Alegerea unui mecanism prea puternic poate duce la ridicarea costului său și a construcțiilor pe care le necesită (căi de rulare, fundații etc.).

În practică, s-a ajuns la concluzia că, la montarea unui număr de peste 3—4 agregate, este justificat economic și indicat tehnic să se folosească cîte două mecanisme de ridicat, atît la sala mașinilor cît și la sala cazanelor, care să lucreze conjugat la piesele grele și încărcate cu 70—90% din sarcină cînd lucrează separat.

1.3. *Indicatorii constructivi și de exploatare a mecanismelor de ridicat.* Principalii indicatori sînt : productivitatea mecanismului, gabaritele și greutatea mecanismului, ecartamentul și razele minime de curbură ale căii de rulare, vitezele mișcărilor, puterea motoarelor pe unitate de productivitate, consumurile specifice de energie, numărul personalului de servire etc.

1.4. *Productivitatea de exploatare* concretă a macaralelor folosite la lucrările de montaj depinde de indicatorii constructivi ai macaralei (productivitatea, viteza de ridicare și de deplasare etc.), dar în special de condițiile în care se folosește macaraua și de caracterul operațiilor îndeplinite (descărcări, asamblări sau montaje).

Productivitatea de exploatare se determină cu formula [1] :

$$P_{ex} = \frac{480}{T_c} \cdot Q \cdot k_1 \cdot k_2 \left[\frac{\text{tone}}{\text{schimb}} \right], \qquad (1)$$

în care :

Q este capacitatea portantă, t ;
T_c — durata unui ciclu, min ;
k_1 — coeficientul de folosire a capacității portante a macaralei, raportul între greutatea medie a sarcinilor ridicate și capacitatea portantă ;
k_2 — coeficientul de folosire în timp a macaralei într-un schimb.

Durata unui ciclu constă din timpul mașinii pe ciclu (consumat pentru mișcările pe verticală și orizontală) și timpul necesar pentru operațiile manuale de legare a sarcinii, dezlegare etc., conform normelor de timp existente.

Pentru micșorarea duratei ciclului trebuie folosite pentru sarcinile mici vitezele mărite ale cîrligelor mici ale macaralelor.

Pentru mărirea coeficientului de folosire a capacității portante a macaralei sînt necesare asamblarea în blocuri cît mai mari și folosirea de macarale complimentare pentru piesele mici neintrate în blocuri asamblate.

Valorile coeficientului de folosire în timp a macaralei, pe perioada unui schimb, sînt :

Pentru lucrări de încărcări-descărcări	0,4—0,5 ;
Pentru lucrări de asamblări	0,6—0,7 ;
Pentru lucrări de montaj	0,5—0,6.

Pentru montajul echipamentului termomecanic în condițiile reale de șantier, se poate utiliza formula [1] :

$$P_{ex} = K \cdot Q \left[\frac{\text{tone}}{\text{schimb}} \right]. \qquad (2)$$

Valorile coeficientului K sînt :

a) la montajul cazanelor și echipamentului auxiliar cu poduri rulante, macarale-capră	0,35—0,45 ;
b) la montajul turbinelor și echipamentului auxiliar cu ajutorul podurilor rulante	0,08—0,11 ;
c) la operații de încărcări-descărcări	2—3.

Pentru aprecierea productivității macaralelor la montajul echipamentului sălii cazanelor și pe platformele de preasamblare, normele sovietice prevăd următorii coeficienți de echivalență :

— poduri rulante și macarale-capră $n = 1$;
— macarale-turn $n = \frac{1}{1,15} = 0,87$;
— macarale Derrick și brațe de montaj $n = \frac{1}{1,25} = 0,8$.

La TCME sînt executate calculele de productivități ale tuturor mecanismelor în dotație. Aceste productivități apar și în „Colecția de analize speciale pentru lucrările de montaj mecanic în centrale termoelectrice", M 7-1961, în care unitatea de măsură fiind tona de echipament montat, numărul de ore acordat pe unitatea de măsură, deci pe tona de echipament montat, corespunde cu productivitatea orară a mecanismului respectiv.

2. Indicatorii tehnico-economici folosiți la alegerea mecanismelor de montaj

La alegerea mecanismelor de montaj, trebuie luați în considerare indicatorii tehnico-economici expuși mai jos, care exprimă eficiența mecanismelor alese.

În acești indicatori se reflectă factorii tehnici despre care s-a vorbit mai sus și o serie de factori noi, economici, care se vor analiza.

2.1. *Costul specific al montajului* constituie, de asemenea, un criteriu în alegerea mecanismului principal, atît pentru lucrările de montaj cît și pentru operațiile din depozitele de echipamente. Costul specific al montajului reprezintă cheltuielile necesitate de lucrările de montaj, executate cu metoda de lucru și mecanismele alese, raportate la unitatea de montaj, tona de echipament montat.

Costul specific al montajului se poate reprezenta ca fiind suma costurilor mecanizării montajului și ale manoperei, ambele referindu-se la unitatea de montaj [3].

$$CM_{sp} = E_{sp} + M_{sp} \text{ [lei/tonă]}. \qquad (3)$$

2.1.1. Costul mecanizării pe unitatea de montaj este raportul dintre costul mecanizării pe oră și productivitatea orară a mecanismului respectiv [2] :

$$E_{sp} = \frac{E_0}{P_{ex}} \, \frac{\text{lei/h}}{\text{t/h}} \text{ [lei/tonă]}. \qquad (4)$$

Costul mecanizării pe oră, pentru o serie de mecanisme, este calculat și indicat în ordinul DAU 94/959, iar pentru mecanismele specifice sectorului de montaje centrale electrice a fost calculat de TCME — ISPE și introdus în colecția de analize speciale M 7.

Calculul s-a efectuat ținîndu-se seamă de cele trei categorii de costuri:

- costuri fixe;
- costuri anuale;
- costuri orare.

Costurile fixe se referă la transportul, montarea și demontarea mecanismului, raportate la numărul total de ore din graficul de execuție al șantierului. În cheltuielile de montare nu se cuprind căile de rulare și fundațiile macaralelor și ale ancorelor, care se suportă din sumele alocate pentru organizarea de șantier.

Costurile anuale se referă la costul amortismentului și al întreținerii și reparației căilor de rulare ale mecanismului, raportate la numărul de ore de funcționare anual.

Costurile orare se referă la costurile reparațiilor curente și medii, raportate la durata ciclului de reparații, la salariul orar al personalului de servire și de comandă și la consumurile orare de materiale de întreținere, combustibili și energie electrică.

În colecția de analize speciale M7 se indică direct costul mecanizării pe tona de echipament montat, ca fiind produsul dintre costul orar al mecanizării și numărul de ore, mecanism necesar pentru montarea unei tone de echipament (inversul productivității mecanismului, așa cum a fost definită mai sus).

2.1.2. Costul manoperei pe unitatea de montaj este produsul dintre consumul specific de manoperă $T\left[\frac{\text{om-zile}}{\text{tonă}}\right]$ și cîștigul zilnic mediu $\left[\frac{\text{lei}}{\text{om-zile}}\right]$

$$M_{sp} = k \cdot T \cdot M \text{ [lei/tonă]}. \qquad (5)$$

Coeficientul k asupra manoperei este un corectiv, în funcție de mecanismul adoptat și are valorile: 1 — pentru montajul cu podul rulant; 1,15 — pentru montajul cu macarale-turn și gama (denumită astfel deoarece are forma literei majuscule gama); 1,25 — pentru montajul cu brațe de montaj și alte mijloace.

Formulele indicate permit să se cuprindă în analiză condițiile cele mai diferite în asamblarea și montajul echipamentului tehnologic, întruct atît costul specific al mecanizării cît și cel al manoperei se referă la mecanisme efective de pe șantier și la durata efectivă de execuție a lucrărilor pe un șantier dat.

După stabilirea costului specific al montajului pentru mai multe mecanisme, care satisfac exigențele tehnologiei, se alege mecanismul care la condiții tehnologice egale are un cost specific de montaj mai redus.

2.2. *Consumul specific de manoperă* este un indicator tehnico-economic foarte important, legat direct de productivitatea muncii. Consumul specific de manoperă se exprimă în om-zile/tonă de echipament montat și include sintetic toate eforturile de reducere a consumului de manoperă pe șantier. Costul specific al montajului împărțit la consumul specific de manoperă ne dă productivitatea muncii: lei/tonă : om-zile/tonă = lei/om-zile.

Productivitatea muncii este cu atît mai mare cu cît consumul specific de manoperă este mai mic. Consumul specific de manoperă se exprimă prin formula:

$$T = \frac{\sum \frac{Q_T}{P_{ex}} \cdot N + \sum T}{Q_T} \qquad (6)$$

în care:

Q_T este volumul de montaj;

P_{ex} — productivitatea de exploatare a mecanismului (pe zi);

N — numărul de oameni în echipa respectivă;

T — consumul de manoperă pentru montarea mecanismului, pentru punerea sa în funcționare de probă și pentru exploatarea mecanismului.

Căile pentru reducerea consumului specific de manoperă sînt: industrializarea lucrărilor, lucrul în flux continuu și mecanizarea complexă a lucrărilor.

De aceea consumul specific de manoperă constituie un criteriu important pentru aprecierea eficacității mecanizării.

Efectele unui consum de manoperă specific redus sînt: reducerea numărului de muncitori pe șantiere, cu toate consecințele pozitive care decurg din aceasta, și anume o organizare de șantier mai redusă, reducerea proporțională a cheltuielilor indicate, creșterea cîștigului mediu al muncitorilor.

2.3. *Durata de montaj și scurtarea acestei durate.* Durata de montaj se exprimă prin formula [3]:

$$t = \frac{Q_T}{kP_{ex}} + \sum t, \qquad (7)$$

în care Q_T și P au semnificațiile arătate mai sus, k este coeficientul de depășire a normelor, iar t reprezintă timpul necesitat de mutarea, montarea și proba mecanismului și de întreruperile tehnologice din timpul montajului.

Scurtarea duratei de execuție depinde de productivitatea mecanismului și are ca efecte micșorarea cheltuielilor pentru mecanizarea montajului, a cheltuielilor pentru întreținerea șantierului și a cheltuielilor de regie.

În calculele tehnico-economice, efectul scurtării duratei de execuție se exprimă prin micșorarea cheltuielilor de regie, întrucît 60% din cheltuielile normate de regie depind de factorul timp.

Economia se exprimă prin formula :

$$C = \frac{t \cdot 0{,}6 \cdot R \cdot V}{100^2} \qquad (8)$$

în care :

t este scurtarea timpului de montaj, % ;
R — valoarea cheltuielilor de regie, % ;
V — valoarea cheltuielilor directe totale.

2.4. *Volumul investițiilor capitale și perioada de amortizare* [4]. Indicatorul volumului investițiilor capitale se determină ca fiind totalul cheltuielilor pentru procurarea sau modernizarea mecanismului. Bineînțeles că acest indicator nu se introduce în analiza eficienței economice a mecanizării, în situația în care mecanismele există în inventarul întreprinderii de montaj.

Acest indicator se ia în considerație cînd se pune problema achiziționării unui mecanism nou. În această situație, se calculează și indicatorul perioadei de amortizare, care reprezintă raportul investițiilor noi către economia anuală totală realizată. Inversul acestui indicator se numește coeficientul eficacității investiției în mijloace de mecanizare.

Acești coeficienți rezultanți din calcul se compară cu coeficienții normați (pentru mica mecanizare 1—0,65, pentru mecanisme mari curente — 0,33, pentru mecanisme speciale — — 0,17).

În cazul investițiilor pentru mecanizare trebuie să se țină seamă de ponderea mijloacelor de mecanizare din totalul mijloacelor fixe ale întreprinderii, de volumul investițiilor noi în mijloace de mecanizare, față de creșterea volumului anual de montaj etc.

Concluzii

1. Pentru a proiecta o schemă de mecanizare a montajului unei centrale termoelectrice, se studiază mai multe variante, cu diferite mecanisme principale (macara-turn, pod rulant, macara Derrick etc.).

2. Pentru fiecare variantă se studiază, se calculează și se trec într-un tabel comparativ factorii tehnici ai mecanismului considerat, și anume : tipul mecanismului (indicîndu-se gradul de utilizabilitate, de mobilitate și de baleiaj), capacitatea portantă a mecanismului, indicatorii constructivi și de exploatare ai mecanismului și productivitatea de exploatare.

3. Se calculează în continuare și se trec în același tabel comparativ indicatorii tehnico-economici pentru fiecare variantă în parte. Se calculează costul specific al montajului, costul specific al mecanizării, costul specific al manoperei, consumul specific de manoperă, durata de montaj, scurtarea duratei de montaj, perioada de amortizare a investițiilor.

4. Din compararea rezultatelor se stabilește varianta care are valori optime la indicatorii cei mai importanți, ținîndu-se seamă și de condițiile concrete ale întreprinderii de montaj. De exemplu, lipsa brațelor de muncă obligă să se considere consumul specific de manoperă ca un indicator foarte important. În cele mai dese cazuri, durata de execuție este considerată indicator fundamental, ținîndu-se seamă de efectele obținute în economia națională prin punerea în funcțiune într-un termen mai scurt a unei centrale electrice. Costul specific de montaj este, de asemenea, un indicator important și numai în anumite cazuri poate trece pe plan secundar. Indicatorii arătați mai sus nu trebuie să influențeze negativ asupra alegerii factorilor optimi tehnologici de montaj.

Exemplu de calcul

La extinderea unei termocentrale se prevede montarea unor electrofiltre pentru epurarea gazelor de ardere. Electrofiltrele sînt așezate în exteriorul sălii cazanelor, pe traiectul gazelor de ardere spre coșul de fum. Cele două baterii de electrofiltre sînt de tipul constructiv orizontal și au o greutate totală de circa 550 t. Pentru montarea acestor electrofiltre, literatura tehnică de specialitate recomandă macarale semicapră. Din lipsa unei asemenea macarale, se studiază două variante, și anume :

— montarea cu ajutorul macaralei GAMMA 25 t ;

— montarea cu ajutorul macaralei pe pneuri K 252.

Bateria de filtre constă dintr-un filtru mecanic și electrofiltrul propriu-zis. După cum se vede în figura 1, filtrul mecanic se găsește în raza de acțiune a unei macarale-turn, situată în interiorul sălii cazanelor. În poziția-limită dreaptă, această macara poate monta filtrul mecanic. Pentru electrofiltrul propriu-zis, se analizează factorii tehnici și indicatorii tehnico-economici în cele două variante propuse.

Gradul de utilizabilitate este 100 % în ambele variante, întrucît cu ajutorul macaralelor prevăzute se poate introduce întregul volum al subansamblelor electrofiltrelor.

Gradul de mobilitate este III la varianta I și I la varianta II.

Coeficientul de baleiaj este 80 % în varianta I și 70 % în varianta II. În ambele variante circa 20 % din suprafață este acoperită de macaraua-turn din sala cazanelor, așa cum s-a amintit.

Capacitatea portantă este de 25 t la braț de 10 m și 15 t la braț de 15 m în varianta I și 25 tone la braț de 15 m și 10 tone la braț de 25 m în varianta II.

Productivitatea de exploatare

Varianta I:

$$P_{ex} = \frac{480}{T_c} \cdot Q \cdot k_1 \cdot k_2 = \frac{480}{109} \cdot 15 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}4 \cong 4 \, \frac{\text{t}}{\text{schimb}} = 0{,}5 \text{ t/oră.}$$

Schimbul este considerat de 8 ore.

Durata ciclului T_c se calculează ținînd seamă de caracteristicile constructive ale macaralei, astfel :

– înălțimea de ridicare	35 m
– viteza de ridicare a cîrligului	3–5 m/min
– viteza de deplasare a căruciorului	9 m/min
– viteza de rotire	3 rot/min

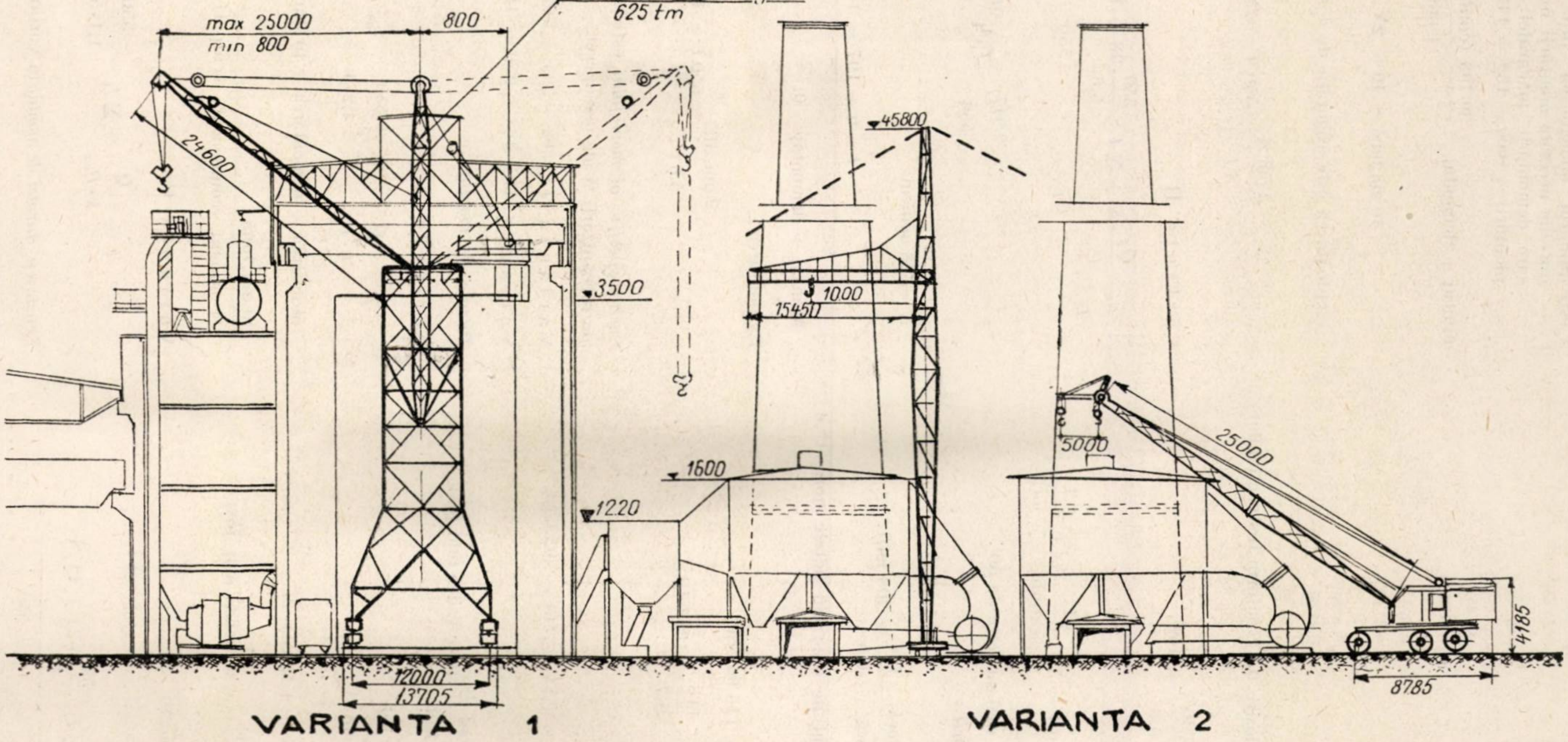

max 25000
min 800
800
Macara turn 23 august
625 tm
24600
3500
1220
1600
12000
13705
VARIANTA 1
45800
1000
15450
5000
25000
4185
8785
VARIANTA 2

Fig. 1. Schema de mecanizare în cele două variante studiate.

Durata ciclului:

– timpul necesar legării sarcinii	$t_1 = 15'$
– ridicarea sarcinii $t_2 = \frac{35}{3}$	$t_2 = 11'65''$
– deplasarea sarcinii $t_2 = \frac{15}{3}$	$t_3 = 5'$
– rotire $t_4 = \frac{1}{3}$	$t_4 = 0'35''$
– coborîre sarcină t_5	$t_5 = 11'65''$
– deplasare sarcină t_6	$t_6 = 5'$
– dezlegarea sarcinii t_7	$t_7 = 10'$
– ridicarea cîrligului t_8	$t_8 = 11'65''$
– deplasare cărucior t_9	$t_9 = 5'$
– rotire în poziție inițială t_{10}	$t_{10} = 0'35''$
– coborîre cîrlig t_{11}	$t_{11} = 11'65''$
	$T_c' = 87'30''$

Aplicînd coeficientul de folosire 0,8 (conform instrucțiunilor CSCAS nr. 2/1956),

$$T_c = \frac{87'30''}{0{,}8} = 109'.$$

Varianta II:

$$P_{ex} = \frac{480}{50} \cdot 10 \cdot 0.15 \cdot 0{,}4 = 5{,}6 \, \frac{\text{t}}{\text{schimb}} = 0{,}7 \, \frac{\text{t}}{\text{oră}} \cdot$$

Durata ciclului calculat ca mai sus este de 50'.

Costul specific al mecanizării

Varianta I:

$$E_{sp} = \frac{E_0}{P_{ex}} \, \frac{\text{lei/oră}}{\text{t/oră}} = \frac{154}{0{,}5} = 308 \text{ lei/t}.$$

E_0 — costul mecanismului pe oră; din actele normative el este de 154 lei/oră.

Varianta II:

$$E_0 - 116 \text{ lei/oră}$$

$$E_{sp} = \frac{E_0}{P_{ex}} = \frac{116}{0{,}7} = 168 \text{ lei/t}.$$

Costul specific al manoperei

Varianta I:

$$M_{sp} = k \cdot T \cdot M \cdot = 1{,}15 \cdot 8{,}5 \cdot 40 = 395 \text{ lei/t}.$$

$$k = 1{,}15$$

$$T = 8{,}5 \, \frac{\text{om.zi}}{\text{tonă}} \text{ (a se vedea mai jos)}$$

$$M = 40 \, \frac{\text{lei}}{\text{om.zi}}$$

Varianta II:

$$M_{sp} = k \cdot T \cdot M \cdot = 1{,}15 \cdot 5{,}4 \cdot 40 = 250 \text{ lei/t}.$$

$$T = 5{,}4 \, \frac{\text{om} \cdot \text{zile}}{\text{tonă}} \text{ (a se vedea mai jos)}$$

Consumul specific de manoperă

Varianta I:

$$T = \frac{\frac{Q_T}{P_{ex}} \cdot N + \sum t}{Q_T} = \frac{\frac{550}{4} \cdot 24 + 1138}{550} =$$

$$= \frac{3\,600 + 1\,138}{550} = 8{,}5 \, \frac{\text{om} \cdot \text{zile}}{\text{tonă}}$$

în care:

N este numărul muncitorilor din formația de lucru, 24;
t — om·zile necesare montării macaralei + om.zile necesare demontării macaralei + om·zile necesare exploatării = 1000 + 138 = 1138

$$\text{montaj} + \text{demontaj} = \frac{39\,798 \text{ (conform normelor M7) lei}}{1\,000 \text{ lei/om.lună}} =$$

$$= 40 \text{ om.lună} = 40 \times 25 = 1\,000 \text{ om.zile}$$

Exploatarea este asigurată de 1 om.zi

$$\frac{1 \text{ om.zi}}{4 \, t} \times 550 \, t = 138 \text{ om.zile}$$

Varianta II:

$$T = \frac{\frac{Q_T}{P_{ex}} \cdot N + \sum t}{Q_T} = \frac{\frac{550}{5{,}6} \cdot 28 + 197}{550} = \frac{2\,750 + 197}{550} =$$

$$= \frac{2\,947}{550} = 5{,}4 \, \frac{\text{om.zile}}{\text{tonă}}$$

$$N = 28 \text{ oameni}$$

$$t = 0 + 197 = 197 \text{ om.zile}$$

Montaj + demontaj = 0.

Exploatarea:

$$\frac{2 \text{ om.zile}}{5{,}6 \, t} \times 550 \, t = 197 \text{ om.zile}.$$

Costul specific al montajului este suma costurilor specifice ale mecanizării și ale manoperei.

Varianta I: 308 + 395 = 703 lei/t

Varianta II: 168 + 250 = 418 lei/t

Durata de montaj

Varianta I:

$$t = \frac{Q}{k \cdot P_{ex}} + \sum t_1 \frac{550}{1{,}2 \cdot 4} + 50 = 115 + 50 = 165 \text{ zile}$$

montarea + demontarea + proba = 40 om.lună

$$\frac{40 \text{ om.lună}}{24 \text{ oameni (componența echipei)}} = 1{,}66 \text{ lună} = 50 \text{ zile}$$

Varianta II:

$$t = \frac{Q}{k \cdot P_{ex}} + \sum t_1 = \frac{550}{1{,}1 \cdot 5{,}6} + 0 = 87 \text{ zile}$$

Scurtarea duratei de montaj în varianta II față de varianta I:

$$\frac{165 - 87}{165} \cdot 100 = 47\,\%$$

Tabela 1

		Tipul mecanismului	U/M	Macara GAMMA	Macara pe pneuri K-252
Factori tehnici	1	1 a Grad de utilizabilitate	%	100	100
		1 b Grad de mobilitate	—	III	I
		1 c Coeficient de baleiaj	%	80	70
	2	Capacitate portantă	t	25la braţ 10 m 25la braţ 15 m	25 la braţ 15 m 25 la braţ 25 m
	3	Productivitate de exploatare	t/schimb	4	5,6
		idem	t/h	0,5	0,7
	4	Consum specific de mijloace mecanice	mac. h/t	2	1,45
Indicatori tehnico-economici		Costul specific al montajului	lei/t	703	418
	1	1 a Costul specific al mecanizării	lei/h lei/t	154 308	116 168
		1 b Costul specific al manoperei	lei/t	395	250
	2	Consumul specific de manoperă	om·zi/t	8,5	5,4
	3	Durată de montaj	zile	165	87
	4	Scurtarea duratei de montaj	%	—	47
	5	Economii totale (raportate la valoarea totală de montaj) rezultată din scurtarea duratei de execuţie	%	—	4,25

Economii totale realizate prin scurtarea duratei de montaj în varianta II

$$C = \frac{t \cdot 0{,}6 \cdot R \cdot V \cdot}{100^2} = \frac{47 \cdot 0{,}6 \cdot 15 \cdot V}{100^2} = \frac{425 \cdot V}{100^2} =$$

$$= 0{,}0425 \cdot V \text{ lei} = 4{,}25\,\% \text{ din } V.$$

Rezultatele sînt centralizate în tabela 1.

Din examinarea tabelei comparative conţinînd factorii tehnici şi indicatorii tehnico-economici în cele două variante expuse, se constată superioritatea variantei cu macara pe pneuri K-252. Chiar dacă coeficientul de baleiaj, în poziţia din figura 1, este mai mic ca în varianta I, gradul de mobilitate mare satisface necesităţile tehnologice ale montajului. Toţi indicatorii tehnico-economici sînt în favoarea variantei cu macara K-252. De altfel, la această soluţie s-a ajuns şi la alte lucrări similare, de exemplu la CET Mariţa—Istok din Bulgaria.

TCME nu posedă o asemenea macara, dar a prevăzut-o la investiţii din import pe anul 1964.

În cazul în care nu va sosi la timpul necesar, montajul se va putea efectua cu schema din varianta I.

Bibliografie

[1] Vinniţki, D. Ia. *Organizaţia i mehanizaţiia montaja teplomehaniceskovo oborudovania na krupnîh elektrostanţiah,* Gosenergoizdat, 1962.

[2] Ghelfenbein, Ia. V. *Grupozodiomnie mehanizmi i takelajnie prisposoblenia dlea stroitelstva teplovîh elektrostanţii.* Gosenergoizdat, 1962.

[3] Leibfreid, Iu. M. şi Svidenko, V. I. *Montaj stroitelnîh konstrukţii.* Gostroizdat, 1962.

[4] Kantorer. *Metodologia determinării eficienţei economice a maşinilor noi şi alegerea variantelor optime de mecanizare în construcţii.* Material documentar, IDT, Bucureşti, 1960.

[5] *Mecanizarea lucrărilor de construcţii.* IDT, Bucureşti, 1960.

[6] *Metode noi de organizarea şantierului.* IDT, Bucureşti, 1960.

CONSFĂTUIRE

privind regimul apei la cazanele de abur cu parametri înalţi din centralele electrice

În scopul ridicării nivelului tehnic al exploatării, al îmbunătăţirii muncii şi al unui schimb de experienţă în acest domeniu, se organizează şi în acest an o consfătuire cu tema **„Regimul apei la cazanele de abur cu parametri înalţi din centralele electrice"**.

Consfătuirea va avea loc la ICT Borzeşti între 24 şi 26 octombrie, fiind organizată de către Direcţia exploatării energiei electrice din M.M.E.E., cu colaborarea Inspectoratului central de cazane şi instalaţii de ridicat.

Comunicările şi referatele care se vor susţine sînt axate pe probleme de proiectare, construcţie şi exploatare a instalaţiilor de tratarea apei, strîns legate de experienţa exploatării din centralele noastre şi de realizările pe plan mondial.

Va participa la consfătuire personalul din sectorul energetic care are contingenţă directă cu această problemă.

Pot participa ca invitaţi toţi cei din alte sectoare industriale care sînt interesaţi în temele ce se vor dezbate.

Lămuririle necesare se pot obţine la M.M.E.E. — D.E.E.E. — Serv. tehnic — tov. ing. L. Stanisavlievici şi la ISCIR — Laboratorul central — tov. ing. L. Negulescu.

Despre depunerile de săruri pe paletajul turbinelor.
Spălarea sărurilor insolubile

Ing. *I. M. BĂRBULESCU*

Depunerile de săruri pe paletele turbinelor duc la solicitarea suplimentară a lagărelor axiale și paletelor, la limitarea puterii și la înrăutățirea sensibilă a randamentului intern (ca urmare a modificării profilului paletelor, a măririi asperității suprafețelor de scurgere și a micșorării secțiunii de trecere a aburului).

Principalii factori care influențează transportul și depunerile de săruri sînt:

— conținutul în picături de apă al aburului saturat;

— solubilitatea sărurilor în aburul viu;

— formarea de spumă în apa de cazan;

— conținutul de săruri în apa de cazan;

— eficacitatea metodelor corective utilizate în regimul chimic al apei de cazan;

— proprietățile fizico-chimice ale sărurilor și condițiile termodinamice care caracterizează utilizarea aburului.

Sărurile din apa de cazan trec în abur prin picături sau prin antrenare moleculară.

Pînă la presiuni de 80 at, transportul sărurilor se datorește în cea mai mare parte umidității aburului saturat. În scopul micșorării acestei umidități s-au creat dispozitive eficace de separare (prin montarea de cicloane s-a reușit obținerea unui abur cu o umiditate inferioară de $0{,}1^{0}/_{00}$).

La presiuni mai mari de 80 at, sărurile în abur provin și din antrenări moleculare, prin dizolvarea sărurilor în abur. Se constată o creștere mare a solubilității SiO_3H_2 la creșterea presiunii și temperaturii.

Spumarea apei de cazan, care duce la impurificarea aburului, este favorizată de existența substanțelor coloidale, de conținutul de săruri al apei de cazan, de regimul de exploatare a cazanului (variațiile de nivel, de sarcină).

Conținutul ridicat de NaOH în apa de cazan favorizează spumarea, iar NaCl și SO_4Na_2 au un efect inhibitor.

Evitarea spumării se face prin utilizarea proprietăților antispumante ale apei de alimentare, prin construcția de tambure cu volum de abur suficient și prin eliminarea din apa de cazan a substanțelor coloidale.

Conținutul de săruri în apa de cazan depinde direct de calitatea apei de alimentare și de regimul de purjare a cazanului. Totuși, chiar prin demineralizarea totală se poate asigura o concentrație de săruri în apa de cazan, care să nu ducă la antrenări și depuneri.

Se apelează, astfel, la metodele corective de tratare a apei de cazan, metode eficiente și ieftine care reduc la minimum pericolul depunerilor silicioase insolubile.

Separarea sărurilor din abur depinde de proprietățile fizico-chimice ale sărurilor și de condițiile termodinamice în care se găsește aburul. Privitor la acest proces de separare nu există un punct de vedere comun.

Depunerile de săruri se pot împărți în trei grupe:

1. *Săruri solubile* (SO_4Mg; Cl_2Mg; SO_4Na_2; SiO_3Na_2; ClNa).
2. *Săruri insolubile* [CO_3Ca; $Mg(OH)_2$; cuarț (αSiO_2); SiO_2 amorf; cristobalită (βSiO_2); SiO_3Mg].
3. *Oxizi metalici* [Fe_3O_4 (magnetită); Fe_2O_3 (hematită)].

Separarea și depunerea sărurilor din abur au au un caracter selectiv în funcție de temperatură, care a fost pus în evidență prin prelevarea probelor de săruri din lungul turbinei și cercetarea compoziției chimice a acestora cu ajutorul difracției razelor Röntgen.

S-a stabilit astfel următoarea dinamică a depunerilor de săruri (fig. 1). În domeniul temperaturilor înalte se produc depuneri de săruri sodice (sulfați, carbonați, silicați), iar silicea se depune la temperaturi sub 300°C, temperatura maximă fiind 270°C.

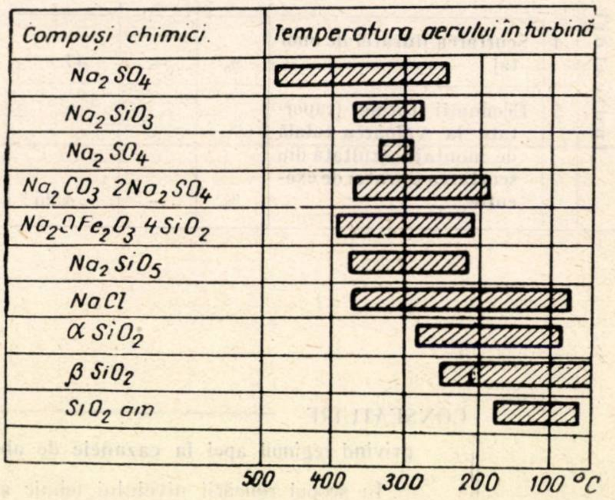


Fig. 1.

Depunerile pe palete ale sărurilor din prima grupă se explică prin faptul că la scăderea temperaturii și presiunii aburului concentrațiile-limită ale sărurilor scad, soluția ajungînd în stare suprasaturată, creîndu-se astfel condiții de separare.

Depunerile de SiO_2 au loc printr-o cristalizare a sărurilor din soluția gazoasă. Astfel,

H_2SiO_3 (solubil în abur) se deshidratează la temperaturi ridicate, iar SiO_2 — sub formă de vapori — la presiuni și temperaturi scăzute, se va separa direct, formînd depuneri insolubile de SiO_2.

Cunoașterea dinamicii de separare ne dă posibilitatea să apreciem natura depunerilor și astfel să alegem metoda corespunzătoare de spălare a turbinei.

Metode de spălare

Alegerea metodei de spălare depinde în primul rînd de solubilitatea sărurilor depuse (zonele de depuneri și deci natura lor putînd fi apreciate după presiunile măsurate la trepte).

Se recunosc următoarele metode de spălare :

1. Spălarea cu abur umed, utilizată cel mai mult, dă rezultate foarte bune la eliminarea depunerilor solubile. Se poate face cu mașina în sarcină sau în gol. Aducerea aburului în stare de saturație se face prin injectarea de condensat. Oprirea turbinei cu două zile înainte de spălare, pentru răcire, îmbunătățește mult rezultatele spălării, deoarece are ca efect eliminarea unei părți din sărurile de silice insolubile.

2. Îndepărtarea sărurilor solubile prin scăderea sarcinii cazanului. Scăderea sarcinii, care se recomandă a se face săptămînal, duce la scăderea temperaturii aburului la intrare în turbină, conducînd la eliminarea parțială a depunerilor.

3. Spălarea cu apă fierbinte la temperatura de 70°C se realizează prin umplerea carcasei cu apă după ce turbina a fost răcită.

4. Spălarea prin schimbarea parametrilor aburului la intrare în turbină.

La presiuni și temperaturi diferite de cele la care a avut loc separarea, depunerile devin nestabile și trec din nou în soluție. (Se aplică pentru sărurile solubile și insolubile).

Utilizarea metodei este limitată din cauza pericolului ce-l prezintă funcționarea la temperaturi ale aburului mai mari decît cele normale.

5. Spălarea cu abur alcalin (folosind NaOH) se utilizează cu succes pentru sărurile insolubile.

6. Spălarea cu abur acid (folosind HFl) dă rezultate foarte bune, acidul fluorhidric dizolvînd ușor silicea, însă nu se folosește din cauza agresivității ridicate a acestuia.

Situația depunerilor de săruri la CTE Doicești

Spălarea turbinelor cu abur alcalin

Pînă în anul 1954, înfundările cu săruri ale turbinelor se produceau în perioade scurte, ajungînd ca într-o lună să se limiteze sarcina turbinei cu 50%. Creșterea presiunii la trepte, ca urmare a înfundării cu săruri, se poate vedea în figura 2. Aceste săruri se spălau însă foarte ușor cu abur umed și cu apă caldă (în timpul reparațiilor), datorită prezenței în depuneri a unor săruri solubile : SO_4Na_2 ; NaOH ; NaCl.

Schimbarea regimului chimic al apei de cazan (de la IA = 200 la IA = 80), modificările răcitoarelor de abur viu care funcționau cu apă de cazan (acum cu apă de alimentare), îmbunătățirea metodelor de tratare a apei de cazan au condus la scăderea sensibilă a depunerilor, respectiv a numărului de spălări. În acest fel s-a schimbat însă compoziția chimică a depunerilor, rezultînd din analiza ultimelor depuneri un conținut de SiO_2 sub formă amorfă sau cristalizată de peste 80%.

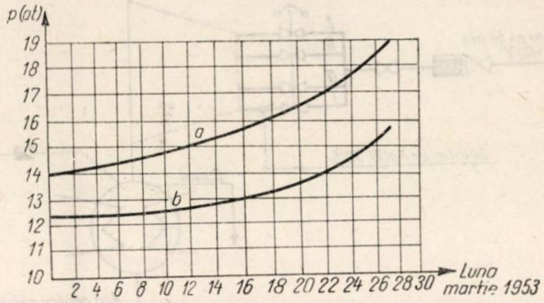


Fig. 2. Creșterea presiunilor la roata Curtis (*a*) și priza IV (*b*) în timp de o lună (pentru $N = 15$ MW).

Astfel, metoda de spălare cu abur umed a devenit ineficace. Sărurile care se depun în cantitate mai mare pe porțiunile convexe ale paletelor au un aspect sticlos și sînt foarte tari, neputînd fi eliminate decît prin sablare și rașchetare.

Ele se depun în zonele de temperaturi 260—100°C. Datorită acestor săruri, pînă în anul 1963 nu s-a putut atinge sarcina nominală a centralei de 120 MW, fără depășirea presiunilor maxime admise la trepte.

S-a impus, astfel, folosirea spălării cu abur alcalin, experimentată cu succes în lunile noiembrie și decembrie ale anului 1962.

La temperaturi superioare valorii de 180°C, soda caustică acționează cu SiO_2 după reacția :

$$4\ NaOH + 2SiO_2 = 2SiO_3Na_2 + 2H_2O.$$

Silicatul de sodiu, cu aspect gelatinos, poate fi ușor eliminat printr-o spălare cu abur umed, fiind solubil în apă.

De menționat că reacția dintre NaOH și SiO_2 nu are loc decît la temperaturi ale aburului mai mari de 180°C. Aplicarea acestui procedeu la turbinele cu contrapresiune, unde la eșapare există în mod obișnuit o temperatură superioară celei de 200°C, nu întîlnește dificultăți. La turbinele cu condensație însă, această temperatură nu poate fi realizată într-un regim normal de funcționare. Spălările cu abur alcalin, încercate încă din anul 1960 la CTE Doicești, n-au dat rezultate, tocmai datorită faptului că ele au fost efectuate în regim de condensație.

Din acest motiv s-a trecut la spălarea turbinelor de fabricație Prîvni Brnenska, cu parametrii aburului viu: $p_1 = 56$ ata, $t_1 = 460°C$, presiunea în condensator $p_c = 0{,}04$ ata și puterea $N = 20$ MW, după o nouă schemă de spălare, reprezentată în figura 3. Turbina s-a spălat fără sarcină la turația de 1400–1600 rot/min. Temperatura de 180–200°C la ultimele trepte s-a realizat prin eșaparea turbinei direct în atmosferă, prin clapa de siguranță a condensatorului. Pentru a evita încălzirea excesivă a țevilor condensatorului, s-a creat de jos în sus, pe partea de abur, o circulație de apă de răcire. Intensitatea circulației s-a reglat astfel ca temperatura apei la ieșire să nu depășească 50–60°C. Alimentarea turbinei s-a făcut cu abur viu la parametrii 54 ata și 460°C. Aducerea turbinei la turația de 1400–1600 rot/min și menținerea ei s-au realizat cu supapa automată.

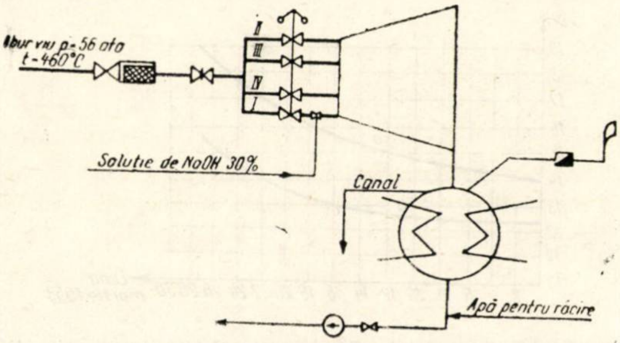


Fig. 3.

Pentru a nu supune la o răcire prea mare aburul în care se injectează soluția de NaOH, aceasta a fost pregătită la o concentrație mare (30%). Încercarea de a injecta soluția de NaOH înainte de supapa automată nu a reușit din cauza vitezelor mici ale aburului, care au permis depunerea sodei în stare topită (la temperatura aburului de 420°C soluția de sodă se deshidrata rapid, iar particulele în stare topită se lipeau pe armături și conducte, deoarece soda se topește la 318°C). Din acest motiv s-a construit o duză de injecție specială (fig. 4), care s-a introdus între flanșele de îmbinare a conductei *1* de reglaj după ventilul de reglaj. Spălarea s-a făcut astfel printr-un singur sector de ajutaje, ventilele de reglaj *4*, *3* și *2* închizîndu-se de la sertărașul servomotorului principal (încălzirea turbinei s-a făcut însă prin toate ventilele de reglaj). Concentrația de NaOH în aburul de spălare a fost de 0,8–1% (IA=8 000–10 000), reglarea realizîndu-se de la pompele cu piston utilizate pentru injectarea soluției.

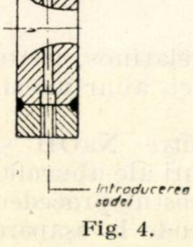


Fig. 4.

Regimul de ridicare a temperaturii s-a urmărit la difuzorul turbinei și s-a menținut la valoarea de 1,5–2°C pe minut.

Temperatura maximă care s-a putut atinge la difuzorul mașinii, fără ca rotorul să se învîrtească, a fost de 140–150°C. Turația la care temperatura aburului eșapat a atins 200°C a variat de la un agregat la altul, constatîndu-se că această temperatură se atinge la turații cu atît mai scăzute cu cît randamentul intern al mașinii este mai scăzut la mersul în gol. Injectarea soluției de NaOH a început la atingerea valorii de 180°C, la eșapare, și a durat 3 ore. Ea s-a făcut după ce s-au închis ventilele de reglaj *4*, *3* și *2*.

În timpul ridicării temperaturii și în timpul spălării trebuie asigurată libera dilatare a racordului turbinei cu condensatorul (acesta a rămas sprijinit numai pe arcuri, fără a se introduce adaosul). Aplicarea metodei impune cunoașterea particularităților constructive ale turbinei (mărimea jocurilor la labirinți, înălțimea centrului arborelui, sistemul de cuplare turbină-generator etc.), operația nefiind lipsită de riscul atingerilor labirinților, dezaxări ale cuplelor, însoțite de vibrații, sau apariția altor fenomene neplăcute.

După spălarea cu NaOH urmează spălarea cu abur saturat, care nu trebuie întîrziată, deoarece răcirea accentuată a turbinei îngreuiază îndepărtarea silicatului de sodiu (se recomandă începerea spălării cu abur saturat cînd temperatura difuzorului a scăzut la 150°C).

Tabela 1

Rezultatele analizelor chimice în timpul spălării cu soluție de NaOH

Timpul	Aburul la intrare		Aburul la ieșire				
	Alcalinitatea, mg echiv./l		Alcalinitatea, mg echiv./l.		IA	SiO_3^{-2}, mg/l	Cl −, mg/l
	p	IA	p	m			
10,00	27	1 080	0,5	0,28	10	—	—
10,15	50	2 000	1,1	1,3	44	—	2
10,30	120	4 800	1,5	1,1	60	7	3
10,45	200	8 000	2,5	1,4	100	7,8	4,8
11,00	220	8 800	2,8	1,2	112	—	4,64
11,15	220	8 800	2,7	1,3	108	5,6	3,44
11,30	240	9 600	2,9	1,7	116	4,8	4,64
11,45	240	9 600	2,8	1,5	112	3,8	4,4
12,00	250	10 000	2,9	1,3	116	2,6	3,5
12,15	240	9 600	2,8	1,4	112	2,4	4,2
12,30	235	9 400	2,7	1,2	108	3,2	3,3

Redăm în tabelele 1 și 2 rezultatele analizelor chimice efectuate în timpul spălării unei turbine, pentru care s-au consumat 40 kg NaOH.

Spălarea cu abur umed, care s-a efectuat în regim de condensație, a continuat pînă cînd valoarea SiO_2 a scăzut sub 0,5 mg/l (s-a terminat la orele 8,00). După revenirea la normal, turbina a putut fi încărcată la puterea de 20 MW, fără depășirea presiunilor maxime admise la trepte (puterea maximă care se putea lua pe turbină înainte de spălare era de 18 MW).

Tabela 2

Rezultatele analizelor chimice în timpul spălării cu abur umed
Abur ieșire (condensat)

Timpul	Alcalinitatea, mg echiv./l		SiO_3^{-2}, mg/l	C_1^-, mg/l
	p	m		
23,00	5,2	6	32,4	16
23,30	5,3	6,2	48,6	17
0,00	5,6	6,8	63	19
0,30	5,4	5,3	58,4	18
1,00	4,8	5,4	58,8	18
1,30	3,5	4,2	57,8	17
2,00	2,4	2,8	54,8	18
2,30	2	2,5	50	18
3,00	1,6	2,1	50	14
3,30	1,4	1,8	43	13
4,00	0,6	1	38	12
4,30	0,6	0,9	16,4	6,4
5,00	0,7	2,5	8,4	6

Concluzii

Cu toate eforturile depuse în scopul scăderii conținutului de SiO_2 al aburului supraîncălzit, depunerea pe paletajul turbinelor a sărurilor insolubile (silicați și SiO_2 amorf sau cristalizat) nu poate fi complet evitată.

Asigurarea funcționării turbinelor la puterea nominală și în afara oricărui pericol impune eliminarea periodică a depunerilor de săruri.

Metoda de spălare cu abur alcalin a sărurilor insolubile dă rezultate foarte bune și ea poate fi aplicată la turbinele cu contrapresiune, fără dificultăți și riscuri.

La turbinele cu condensație, aplicarea metodei impune o oarecare prudență, datorită temperaturii ridicate la eșapare ce trebuie realizată în timpul spălării. Este necesar să se cunoască în prealabil caracteristicile constructive ale turbinei și suplețea acesteia la regimuri deosebite de funcționare.

Se recomandă pentru turbinele cu condensație spălarea sărurilor cu abur alcalin, de presiune redusă, astfel ca rotorul turbinei să fie învîrtit numai de viror. Este programată efectuarea de probe de spălare la CTE Doicești, turbina urmînd să fie învîrtită numai cu virorul.

Bibliografie

[1] *Handbuch für den Kraftwerksbetrieb.* VEB Verlag Technik. Berlin, 1959.
[2] La Termotecnica nr. 4, 1962.

DISCUȚII

Metodă simplificată pentru verificarea consumului specific normat al centralelor de termoficare

Ing. *TEODOR POPA*

Normarea anuală a consumului specific pentru o centrală de termoficare se realizează printr-un volum mare de calcule, bazate pe date care cuprind: caracteristicile nominale ale utilajului și producția de energie planificată. Rezultatele sînt corectate luînd în considerare abaterile obiective existente și cele previzibile. Ținînd seamă de numărul mare de factori cunoscuți sau ascunși care influențează consumul specific și care pot avea ca urmare devieri apreciabile ale valorilor reale față de cele calculate, este totdeauna necesară o comparație cu valoarea realizată în anul precedent. De asemenea este interesant să se pună în evidență separat efectul termoficării și al efortului personalului de exploatare asupra reducerii consumului specific.

În acest scop se propune aplicarea unei metode simplificate de calcul, în care sînt considerate variabile numai datele de producție. Se vor utiliza, în cele ce urmează, notațiile:

Q — căldura livrată, kcal/an;
E — energia electrică produsă, kWh/an;
E_c — energia electrică produsă în condensație, kWh/an;
E_T — energia electrică produsă de aburul livrat, kWh/an;
c — consumul specific de combustibil pentru producerea de energie electrică, kcal/kWh;
c_c — consumul specific de combustibil pentru energia electrică produsă în condensație, kcal/kWh;
c_t — consumul specific de combustibil pentru energia electrică produsă de aburul livrat, kcal/kWh;
i_0 — entalpia aburului viu, kcal/kg;
i_p — entalpia aburului livrat, kcal/kg;
i_c — entalpia condensatului întors, kcal/kg;
a — cota-parte din abur care se întoarce sub formă de condensat;
η_c — randamentul cazanului;
η_{cd} — randamentul conductelor;
η_m — randamentul mecanic;
η_g — randamentul generatorului;

ν_c — factor de corecție pentru randamentul cazanului, ținînd seamă de abaterea sarcinii între anul de referință și cel examinat ;

ν_i — factor de corecție pentru randamentul intern al turbinei, ținînd seamă de abaterea sarcinii între anul de referință și cel examinat ;

1 — indice pentru valorile anului de referință ;

2 — indice pentru valorile anului normat.

Consumul specific de combustibil pentru producerea de energie electrică rezultă din relația :

$$c = \frac{c_c E_c + c_t E_T}{E}. \qquad (1)$$

În conformitate cu metodologia utilizată la calculul consumului specific de căldură pentru căldura livrată, consumul specific de combustibil pentru energia electrică produsă de aburul livrat este :

$$c_T = \frac{860}{\eta_c \eta_{cd}}.$$

Ținînd seamă că debitul de abur livrat este $\frac{Q}{i_p - ai_c}$,

$$E_T = Q \frac{i_0 - i_p}{i_p - ai_c} \cdot \frac{\eta_m \eta_g}{860} = Q \cdot k.$$

$$E_c = E - E_T.$$

Cu k s-a notat expresia $\frac{i_0 - i_p}{i_p - ai_c} \cdot \frac{\eta_m \eta_g}{860}$.

Înlocuind pe E_c în relația (1), rezultă după transformări simple

$$c = \frac{c_c E - k (c_c - c_t) Q}{E}.$$

Această relație servește pentru determinarea consumului specific cunoscînd valorile planificate pentru producția de energie electrică și pentru livrarea de căldură.

Consumul specific de combustibil pentru căldura livrată, c_t, diferă de la un an la altul, datorită încărcării diferite a cazanelor ceea ce conduce la o modificare a randamentului acestora

$$c_{t2} = \frac{c_{c1}}{\nu_c}.$$

Consumul specific de combustibil pentru energia electrică produsă în condensație diferă între ani datorită sarcinii electrice și termice diferite, ceea ce duce la modificarea randamentului cazanului și a randamentului intern al turbinei :

$$c_{c2} = \frac{c_{c1}}{\nu_c \nu_i},$$

$$c_{c1} = \frac{c_1 E_1 - c_{t1} E_{t1}}{E_{c1}}.$$

Ținînd seamă de aceste observații, se poate determina consumul specific al unui an cunoscînd numai realizările anului precedent de producție și de consum specific și planul de producție al anului examinat. Prin transformări simple se obține :

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{1 - k \left(1 - \frac{c_{t1}}{c_{c1}}\right) \frac{Q_1}{E_1}}{1 - k \left(1 - \nu_i \frac{c_{t1}}{c_{c1}}\right) \frac{Q_2}{E_2}} \nu_c \nu_i. \qquad (2)$$

Factorii de corecție ν_c și ν_i au valori apropiate de unitate. Ei se stabilesc în funcție de caracteristicile centralei. Astfel, dacă se admite o variație a randamentului intern al turbinei de 8% pentru o variație de sarcină de 75%, atunci la o variație de sarcină de 10% — creștere posibilă între doi ani — rezultă pentru ν_i o valoare de 1,01. De asemenea, și ν_c prezintă variații foarte mici la variațiile posibile ale sarcinilor și randamentelor cazanelor.

Metoda descrisă permite calculul consumului specific prin comparație cu valoarea realizată în anul precedent. Calculul pune în evidență efectul principalului factor care influențează valoarea consumului specific într-o centrală de termoficare, și anume raportul între căldura livrată și energia electrică produsă, cu corecția variației de sarcină.

Pentru centralele care livrează căldură din mai multe prize, relația (2) se poate dezvolta fără dificultate.

RECENZII

I. S. LANIN : **Experienţa exploatării reţelelor termice din Leningrad.** Gosenergoizdat, Moscova, 1962, 160 p., 47 fig., 37 tabele, anexă — Instrucţiuni de exploatare a contorului de căldură TS—1.

După apariţia monografiei „Termoficarea oraşului Moscova", de N. K. Gromov, la numai cîteva luni termoficatorii sovietici au primit o nouă şi valoroasă carte de sinteză : „Experienţa exploatării reţelelor termice din Leningrad", scrisă de candidatul în ştiinţe I. S. Lanin. Deşi ambele lucrări tratează aspecte din practica de zeci de ani de construire şi exploatare a reţelelor termice din cele două oraşe, nu se constată nici cea mai mică repetare a problemelor din cuprins. Aceasta se explică prin aceea că, în timp ce conţinutul economic şi social al termoficării tuturor oraşelor din U.R.S.S., la fel ca şi în toate ţările socialiste, este acelaşi, realizarea tehnică a instalaţiilor de preparare, transport şi consum de căldură este diferită. Astfel, în timp ce termoficarea Moscovei are la bază sistemul închis de alimentare cu căldură, şcoala leningrădeană a mers pe schema opusă — alimentarea cu căldură după schemă deschisă. În afară de această deosebire esenţială, de principiu, termoficarea celor două oraşe se mai deosebeşte şi prin alte elemente de importanţă mai mică, în ceea ce priveşte schemele, punctele termice etc.

Aşa, de exemplu, se are în vedere metoda de amplasare a reţelelor termice. În timp ce în Leningrad se foloseşte pe scară mare metoda amplasării fără canal a conductelor de diametru mare, izolate cu beton spongios autoclavizat şi protejate cu borulin sau cu brizol, în Moscova ponderea amplasării revine canalelor nevizitabile şi semivizitabile cu conducte izolate cu vată minerală prin înfăşurare.

Dacă, din calculele teoretice a rezultat de-a lungul anilor că un sistem sau altul poate fi aplicat în egală măsură, cele două mari laboratoare vii ale termoficării — Moscova şi Leningrad — au arătat practic, pe bază de calcule concrete contabile din exploatare, unde, cînd şi în ce măsură acestea pot fi aplicate. Experienţa din cele două oraşe a fost aplicată la condiţii concrete în sute de oraşe din U.R.S.S. şi zeci de localităţi şi oraşe din alte ţări. Principala problemă tratată în cartea lui I. S. Lanin este fundamentarea pentru o largă introducere în practică a regimului de reglare a livrării de căldură cantitativ-calitativ (mixt) şi alimentării cu apă caldă pentru scopuri menajere şi igienico-sanitare după sistemul deschis. Aceste probleme sînt tratate atît sub aspect teoretic cît şi practic.

Lucrarea lui I. S. Lanin cuprinde patru capitole :

I. Dezvoltarea termoficării oraşului Leningrad şi bazele sale tehnice.
II. Experienţa reglării cantitativ-calitative a livrării de căldură.
III. Experienţa alimentării cu apă caldă pentru scopuri menajere din sistem deschis.
IV. Evidenţa livrării de căldură.

Aceste capitole sînt precedate de o introducere, iar la sfîrşitul cărţii se dă o anexă sub formă de instrucţiuni pe 10 pagini cu privire la exploatarea contorului de căldură.

În introducere se subliniază particularităţile şi direcţiile teoretice şi practice de dezvoltare a termoficării oraşului Leningrad, dintre care cele mai importante sînt următoarele :

1. Folosirea pe scară largă a betonului spongios armat la amplasarea conductelor în canal sau fără canal.
2. Punerea la punct şi aplicarea metodei de alimentare cu apă caldă pentru scopuri menajere din sistem deschis, precum şi a sistemului de reglare mixtă a livrării de căldură.
3. Larga folosire a regulatoarelor de căldură şi a instalaţiilor de măsură şi control la instalaţiile abonaţilor.
4. Renunţarea la izolarea conductei de întoarcere, lucru ce a condus la ieftinirea şi urgentarea lucrărilor de construcţie a reţelelor termice.
5. Larga introducere a mecanizării lucrărilor şi aplicarea propunerilor de raţionalizare a producţiei.

Aplicarea complexă a celor de mai sus a permis să se culeagă un bogat material experimental, îndeosebi în ce priveşte durata de funcţionare a izolaţiei din beton spongios armat, să se pună la punct teoretic şi practic graficul de reglare a temperaturii în şapte trepte (130/66 şi 150/66°C), să se obţină importante realizări de exploatare prin mărirea coeficientului de amestec la consumator cu mai mult de 50% — lucru care a condus la reducerea de circa două ori a consumului de energie electrică necesar transportului agentului termic.

Dezvoltarea sistemului de alimentare cu apă caldă în circuit deschis a fost favorizată de gradul scăzut de duritate al apei potabile cu care se alimentează şi reţeaua termică (Neva). Introducînd pe scară largă alimentarea cu apă caldă, cota respectivă a crescut de peste şapte ori faţă de perioada antebelică. Important de reţinut este faptul că experienţa Leningradului arată că pentru alimentarea cu apă caldă a oraşului în timpul verii este suficientă o singură conductă, folosindu-se în acest caz capacitatea de acumulare a sistemului de termoficare.

Aspectele tehnice ale realizării reţelelor termice propriu-zise, ca amplasarea conductelor, mecanizarea lucrărilor de execuţie, izolarea ţevilor, analiza materialelor termo şi hidro-izolante sînt, de asemenea, trecute în revistă în introducere.

Se acordă mare atenţie, de asemenea, automatizării proceselor de funcţionare a reţelelor, începînd de la instalaţiile de preparare a căldurii la CET pînă la centrul dispecer telemecanic, care se află în curs de realizare în Leningrad.

Un scurt istoric al apariţiei şi dezvoltării termoficării Leningradului, cu care de altfel s-a marcat introducerea termoficării în Uniunea Sovietică, se dă în capitolul I.

La începutul anului 1962, în Leningrad au funcţionat 354 km de reţele termice, care au alimentat cu căldură 3738 clădiri cu un volum total construit de 71.10^6 m^3. Gradul de cuprindere prin termoficare a clădirilor oraşului a crescut de la 7% în 1940 la 30% la începutul anului 1962.

Datorită avantajului aplicării sistemului de alimentare cu apă caldă menajeră, consumul acestuia a crescut de la 28 000 m^3 în 1950 la 7 166 000 m^3 în 1961.

Sistemul mixt de reglare a livrării căldurii a condus la reducerea consumului de energie electrică pentru transportul căldurii de la 13—14 kWh/Gcal cît se realizează în cadrul reglării calitative, la 7 kWh/Gcal.

Acest grafic de reglare asigură în plus şi o reducere a investiţiilor cu 20%, întrucît sistemul de termoficare se calculează numai pentru alimentarea cu căldură pentru încălzire, apa caldă menajeră neînsumîndu-se la vîrful sarcinii termice.

Experienţele amplasării fără canal a unei conducte cu diametrul de 700 mm, izolată cu beton spongios armat, avînd lungimea de 13 km, au arătat că, chiar în condiţiile deplasării în pămînt a conductei împreună cu izolaţia, tensiunea în conductă nu depăşeşte 200 kg/cm^2, la o temperatură a agentului termic de 130—150°C.

În cadrul septenalului, livrarea de căldură prin termoficare va creşte de la 632 Gcal/h, cît a fost în 1959, la 2900 Gcal/h în 1965. La sfîrşitul septenalului, cuprinderea prin termoficare a fondului urban din Leningrad va fi de 62%, iar fondul de construcții noi va fi cuprins în proporție de 72%. Se vor racorda la instalațiile de termoficare și circa 40 milioane m^3 din clădirile care astăzi se încălzesc cu sobe. Lungimea rețelelor de termoficare va fi de 560 km. Extinderea CET, lucru pe care se baza cu precădere dezvoltarea termoficării Leningradului, se va face cu turbine tip VT — 50 și VPT — 50 și prin instalarea de mari cazane de vîrf. Ultima măsură va duce la o creștere a numărului de ore de utilizare a prizelor turbinelor de la 2500—3000 ore la 5000—6000 ore/an. La CET se vor instala rezervoare mari — acumulatoare de căldură, de ordinul a 15 000 m^3, la o livrare orară de apă caldă menajeră de la CET de 1500 m^3/h. Se prevede, de asemenea, să se treacă unele turbine tip VT — 25 la regim cu vid înrăutățit.

Foarte pe larg și la un înalt nivel științific sînt tratate, în capitolul II, problemele reglării cantitativ-calitative ale livrării de căldură. După ce arată în linii mari metodele generale de reglare a livrării căldurii, autorul trece la o expunere analitică a aspectelor teoretice și de calcul ale graficelor de reglare, la început sub aspect general, după care în detaliu, pentru sistemul de termoficare cu două și cu o singură conductă. Se dau apoi graficele de exploatare mixte a livrării de căldură atît pentru temperatura agentului termic, cît și pentru regimul hidraulic. Ultimul este analizat sub aspect complex, adică se arată importanța și influența reliefului asupra regimului hidraulic și a diferitelor elemente componente ale sistemului de reglare. După cum s-a amintit mai sus, în scopul evitării dereglării pe verticală a instalațiilor locale de încălzire și pentru obținerea unui schimb de căldură mai intens, în Leningrad s-a introdus pe scară largă mărirea coeficientului de amestec în elevatoare. Acest lucru a necesitat o adaptare corespunzătoare a elevatoarelor. În acest capitol se arată că circa 1300 de clădiri din Leningrad funcționează cu un coeficient de amestec mai mare de 2, iar circa 500 clădiri au acest coeficient mai mare de 2,6. Indicii tehnico-economici calitativi mai importanți ai sistemului de termoficare cu reglare cantitativ-calitativă, arătați în această carte, sînt :

- — se înlătură în mare măsură funcționarea cu intermitență în perioadele mai calde ale sezonului de încălzire, ceea ce îmbunătățește regimul termic la consumator ;
- — se reduce investiția în rețelele termice cu 24%, față de sistemul închis cu reglare calitativă ;
- — se reduce cu 40% consumul de energie electrică la transportul agentului termic.

Ultima problemă care se analizează în capitolul II este reglarea zilnică a livrării de căldură și analiza eficacității metodei mixte de reglare.

Bogata experiență, de peste 12 ani, a specialiștilor în termoficare din Leningrad în ce privește alimentarea cu apă caldă în scopuri menajere și igienico-sanitare din sistem deschis este expusă în capitolul III al lucrării. Este interesant de remarcat faptul că sistemul deschis de alimentare cu apă caldă — preluarea apei direct din conducta de termoficare — a fost impus de necesități practice, respectiv de greutatea de procurare a schimbătoarelor de căldură necesare la consumator și a pompelor, precum și de necesitatea asigurării cu personal de deservire la fiecare punct termic. În plus, în condițiile concrete ale Leningradului, folosirea apei alcaline a Nevei ridică probleme greu de rezolvat în ce privește coroziunea instalațiilor de la consumator. Din aceste motive, în 1950 s-a introdus în Leningrad alimentarea cu apă caldă direct din rețeaua de termoficare după sistemul aplicat de prof. S. F. Kopiev în orașul Ivanovo în 1938.

În carte sînt arătate amănunțit schemele de preparare a apei la CET și de distribuție la consumator, care în acest caz implică respectarea cu strictețe a unor norme complexe sanitare. Se dă, în continuare, descrierea de principiu a funcționării instalației de automatizare și control și a elementelor acesteia, ca : releele de temperatură și regulatorul de presiune. Se dau exemple privind alegerea regulatorului termic, de calcul hidraulic al conductelor și alegerea regulatorului de presiune.

În continuare se analizează graficele și normele de consum de căldură și apă caldă pentru locuințe și clădiri publice. Întrucît din rețeaua de termoficare apa poate fi folosită practic pentru toate scopurile casnice — inclusiv în alimentație, o atenție deosebită se acordă calității agentului termic. Sînt arătate normele sanitare și bacteriologice, precum și măsurile tehnice ce trebuie respectate pentru asigurarea acestora.

Pentru aplatisarea graficelor de sarcină termică în Leningrad se folosesc pe larg acumulatoare de apă caldă. Folosirea acestor măsuri energetico-gospodărești este oglindită pe larg în cartea lui I. S. Lanin, arătîndu-se în același timp avantajele lor : reducerea investițiilor pentru rețelele termice și la consumatori, mărirea cantității de energie electrică produsă în regim de termoficare, încărcarea mai rațională a conductei de apă potabilă a orașului.

În ultimul capitol al cărții se tratează aspecte privind evidența livrării de căldură. Spre deosebire de alte orașe, îndeosebi acelea în care termoficarea s-a introdus recent, în orașul Leningrad toți consumatorii de căldură sînt înzestrați cu aparate de control și măsură, ca : contoare de apă, termometre, manometre. Pentru asigurarea punctelor termice cu aparate de măsură și control de bună calitate în Leningrad sînt deosebit de bine puse la punct serviciul și atelierele de reparații, despre care se relatează pe larg în carte, dîndu-se și indicații detaliate cu privire la verificarea corectă a contoarelor de apă, la alegerea acestora pentru scopuri de încălzire sau de apă caldă menajeră. În condițiile livrării căldurii pentru scopuri menajere și igienico-sanitare sub formă de apă caldă, care se preia direct din rețeaua de încălzire, o evidență clară a consumului de apă este deosebit de necesară. Datele înregistrate trebuie periodic analizate, trăgîndu-se concluzii prețioase în ce privește dinamica consumului de căldură pentru scopuri menajere. Autorul descrie în încheiere contorul de căldură TS — 1 pentru măsurat în punctele termice. Acest contor de căldură, care înregistrează căldura livrată direct în Gcal, are un grad de precizie de ± 4%, și poate fi executat și pentru o precizie mai mare.

În anexa cărții se dau în întregime instrucțiunile de exploatare a acestui contor, arătîndu-se condițiile în care se folosește, cerințele de instalare, condițiile tehnice de montare, punere la punct și modul de exploatare.

Lucrarea este valoroasă atît pentru proiectanții termoficatori din țara noastră cît și pentru personalul de exploatare a rețelelor termice.

Ing. Gh. Colț

DOCUMENTARE

Energetică generală

Centrală magnetohidrodinamică (MHD) ce poate fi practic realizată. Power Engineering **66**, nr. 8, 1962, p. 41–43.

Se descrie un generator magnetohidrodinamic de 300 MW electrici, care ar putea fi realizat prin eforturi comune ale industriei și care ar utiliza drept combustibil cărbunele. F.e.m. generată va fi produsă de o plasmă la temperatura de circa 2800°C și 8 ata, avînd o viteză de 800 m/s trecînd printr-un cîmp electric de 2,5 W/m². Temperatura de ieșire a gazelor, de 2260°C, este utilizată pentru a încălzi aerul de ardere la 2100°C, iar temperatura reziduală, de 820°C, de după acest proces este utilizată mai departe într-un cazan de abur recuperator, care alimentează o turbină cu abur de 175 ata, 565°C și 52 ata. Sînt indicate și alte caracteristici ale generatorului magnetohidrodinamic și ale sistemului de ardere, care vor putea permite obținerea unei instalații cu caracteristicile următoare:

Conținutul de căldură	6 380 kcal/kg
Căldură consumată	574,9 MW termici
Puterea electrică livrată	331,5 MW
Puterea serviciilor interne	28,2 MW
Puterea netă livrată	303,3 MW
Randamentul	52,5 %.

a.r.

Electroenergetică

Golubțov, R. A., Kriukov, K. P. și Novgorodțev, B. P. **Despre sarcinile care acționează asupra stîlpilor intermediari datorită tracțiunii la ruperea conductoarelor.** Elektriceskie stanții **34**, nr. 1, 1963, p. 51–55.

În practica de proiectare a liniilor electrice de înaltă tensiune cu lanțuri de izolatoare suspendate există trei tendințe diferite pentru normarea sarcinilor acționînd asupra stîlpilor intermediari în cazul regimului de avarie provocat de tracțiunea conductoarelor la ruperea lor. Aceste tendințe se rezumă astfel:

1. Determinarea sarcinilor ținînd seamă de tracțiunea redusă după ruperea conductorului cu polei (PVL-47; PUE-58) sau fără polei (CTLE–400-55).

2. Determinarea sarcinilor ca fracțiune din tracțiunea maximă de la 0,2 T_{max} pînă la 0,5 T_{max}, cu calcularea stîlpilor fără a considera polei pe conductoare. Aceste reguli se aplică în Elveția, Finlanda, R.D.G., R.F.G., R.S.C. etc.

3. Conform regulilor din S.U.A., Franța și din alte țări, ruperea conductoarelor la calculul stîlpilor nu se examinează. În practica de proiectare a acestor țări se adoptă de către proiectant o anumită sarcină longitudinală convențională, acționînd asupra stîlpului. În Franța, această sarcină longitudinală nu depășește valoarea-limită de 3 000 kgf.

În articol se examinează avantajele și dezavantajele diferitelor soluții.

În U.R.S.S., încă din 1957 s-a hotărît ca la calculul regimului de avarie a stîlpilor intermediari pentru 400–500 kV să nu se ia în considerație greutatea poleiului. Renunțarea la luarea în considerație a poleiului la ruperea conductoarelor reduce considerabil greutatea stîlpilor și greutatea consolelor. Se discută neajunsurile regulilor elaborate în U.R.S.S. în 1958 și se scoate în evidență tendința nouă cuprinsă în noile prescripții elaborate în Uniunea Sovietică în 1962 în comparație cu regulile existente în prezent în S.U.A. și Franța.

Discuțiile care se poartă în articol scot în evidență limitele admisibile ale tracțiunii în conductoare, în special la regimul de avarie, în cazul folosirii diverselor tipuri de stîlpi, atît ca formă cît și ca material. În încheiere se arată că metoda de determinare a sarcinilor care acționează asupra stîlpilor intermediari în regim de avarie, din cauza tracțiunii conductorului la ruperea acestuia, propusă în prescripțiile PUE-62, reprezintă o soluție tehnică perfecționată, care asigură posibilitatea trecerii la o nouă metodă de calcul al conductoarelor, fără recalculări și sporirea greutății construcțiilor actuale de stîlpi unificate. Metoda recomandată va simplifica substanțial procesul de proiectare a stîlpilor liniilor electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune.

c.a.

Curenții de scurtcircuit trifazic în rețeaua italiană de 220 kV și 380 kV pentru anul 1964. Energia elettrica **39**, nr. 10, 1962, p. 862–868.

Se expun rezultatele calculelor de scurtcircuit efectuate pe un model de rețea pentru sistemul de 220 și 380 kV din Italia pentru anul 1964. Pentru calculul curenților de scurtcircuit trifazic au fost făcute diferite ipoteze privind configurația sistemului și a modului de considerare a surselor. Într-un apendice și în 15 planșe anexe se arată lista centralelor și rezultatele calculelor pentru diferite configurații de rețea.

a.r.

Termoenergetică

Zarocențev, G. G. **Reconstruirea arzătoarelor cazanului tip TP–100 din centrala electrică raională Zmievsk.** Elektriceskie stanții nr. 11, 1962, p. 81–83.

Cazanele de 640 t/h, 155 at, 570°C sînt echipate cu 16 arzătoare combinate pentru gaze naturale și praf de cărbune. La debitul nominal de 3500 m³/h viteza de scurgere a gazului era inițial de 180 m/s, iar a aerului în zona de amestec – de 23 m/s. De tip periferic, arzătorul de gaze este format dintr-un colector din țeavă obișnuită cu diametrul de 133 mm, la care inițial erau sudate radial 48 de ștuțuri cu diametrul de 14 și 10 mm din oțel austenitic 1 × 18 H 9 T, rezistent la foc; atît colectorul cît și ștuțurile erau înglobate în beton de șamot. La scurt timp după punerea în funcțiune s-a constatat că gazele ardeau și în interiorul betonului refractar, care se topea: după oprire s-au găsit numeroase fisuri la sudurile dintre ștuțurile din oțel austenitic și colectorul din oțel-carbon.

Reconstrucția a constat în esență din: înlocuirea ștuțurilor din oțel austenitic cu altele din oțel-carbon și tratarea termică după sudură prin încălzirea pînă la 980°C timp de 20 min și apoi răcirea lentă, în 24 h.

Ca o modificare – cu totul secundară – s-a mai adăugat încă un rînd de 48 ștuțuri cu diametrul de 6 mm pentru a coborî viteza gazelor la 125 m/s.

De asemenea s-a modificat și colectorul, care inițial era format din două jumătăți de tor, astupate la capete și sudate între ele; în noua construcție, colectorul este realizat ca un tor continuu.

Rezultatele sînt foarte satisfăcătoare, atît din punctul de vedere al siguranței de funcționare cît și din cel al calității arderii: la un exces de aer în focar de $\alpha = 1{,}03 - 1{,}04$, pierderile prin nearse $q_3 = 0$; în același timp, injecția de apă în regulatorul intermediar de temperatură a scăzut de la 36 t/h la 30 t/h.

c.d.

Zaidel, V. A. **Influența construirii deschise a centralelor termoelectrice asupra cheltuielilor de exploatare.** Elektriceskie stanții, nr. 12, 1962, p. 36–40.

În calculele tehnico-economice pentru stabilirea oportunității construirii deschise a centralelor termoelectrice se acordă o mare atenție reducerii investițiilor, dar nu în aceeași măsură și asupra creșterii cheltuielilor de exploatare, care în esență constau din:

– mărirea pierderilor de căldură;

– îngreuiarea condițiilor de reparare și întreținere și deci creșterea cheltuielilor respective;

– necesitatea măririi rezervei de putere.

Pierderi suplimentare de căldură în centralele deschise (*CD*)

Pentru menținerea pierderilor de căldură la nivelul celor din centralele închise, volumul izolațiilor, și deci și costul acestora, în centralele deschise crește cu circa 3–6 %.

Recuperarea mai completă a pierderilor de căldură în centrala închisă (CI), față de centrala deschisă (CD), are ca consecință creșterea temperaturii aerului la intrarea în cazan n medie anuală cu circa 16,5 grd, ceea ce antrenează o reducere a consumului de combustibil cu circa 0,25 %. În cazul arderii unui combustibil cu conţinut mediu sau mare de sulf, este necesară o preîncălzire a aerului cu abur sustras de la turbină (metoda preîncălzirii prin recirculaţie fiind mai puţin economică). Cu durata de amortizare de 10 ani (normală în energetică), creşterea cheltuielilor de exploatare — pentru diferenţa de temperatură medie anuală a aerului de 16,5 grd — este echivalentă cu o creştere de 0,82% a investiţiilor iniţiale în centralele deschise.

Creşterea cheltuielilor de reparaţii. Experienţa a dovedit şi concluziile Conferinţei din 1953 pentru proiectarea şi exploatarea centralelor deschise în S.U.A. au confirmat, că la temperaturi scăzute reparaţiile se complică, se lungesc şi se scumpesc. În special, întreţinerea izolaţiilor influenţează mult. În funcţie de condiţiile climatice din diferitele zone ale U.R.S.S (împărţită în şapte zone), se arată creşterea cheltuielilor totale de reparaţii şi întreţinere, din care rezultă că la acelaşi termen de amortizare de 10 ani această creştere este echivalentă cu o mărire de ordinul 0,1 %—0,7 % a investiţiilor din soluţia în construcţie deschisă.

Mărirea rezervei de putere în sistemul energetic. Mărirea duratei pentru reparaţiile curente antrenează necesitatea creşterii cu 5—6 % a rezervei de putere (pentru avarii şi reparaţii), care este ea însăşi de ordinul 6 %; în funcţie de condiţiile climatice din cele şase zone, această mărire a rezervei de putere duce la o creştere echivalentă a investiţiilor cu 0,1—0,65 %.

Însumînd toate creşterile cheltuielilor de exploatare, se ajunge la concluzia că mărirea investiţiilor în zonele cu climat blînd este de ordinul 0,95 %—1,05 %, iar în zona cu climat aspru de ordinul 1,7 %. Se menţionează însă că, dacă valorile mai sînt discutabile, metoda de calcul trebuie aplicată.

c.d.

Rosevski, G. I., Monastirskaia, A. R. şi Subin, E. P., **Perspective privind construcţia unor centrale electrice de termoficare urbane de mare putere cu parametri supracritici ai aburului (după exemplul Moscovei)** Elektriceskie stanţii **34**, nr. 1, 1963, p. 13—17.

Se prezintă concluziile care permit obţinerea de economii de combustibil în cazul folosirii turbinelor de termoficare cu parametri ridicaţi şi se arată că în viitor se preconizează construirea unor turbine de mare putere cu parametrii iniţiali ai aburului de 240 at şi 580°C, destinate termoficării urbane. În continuare se face un studiu tehnico-economic privind eficacitatea turbinelor de termoficare de mare putere, arătîndu-se că folosirea unor asemenea turboagregate este determinată de proporţia şi concentrarea sarcinilor termice industriale, comunale şi pentru consumul menajer din perioada de perspectivă. Puterea CTE din Moscova pentru furnizarea căldurii şi apei calde a reprezentat în 1961 4350 Gcal/h, iar puterea lor electrică — aproximativ 1 GW. În 1965, cantitatea de căldură furnizată de CET din Moscova în formă de apă caldă trebuie să crească la 10 500 Gcal/h, iar puterea electrică totală la 3 GW. Asemenea creştere va putea fi asigurată prin :

a) Extinderea CET existente datorită instalării pe cuprinsul lor a turbinelor de termoficare cu puteri de 50 şi 100 MW la parametrii aburului de 130 at şi 565°C de tipul T — 50—130 şi T — 100—130 şi a cazanelor pentru încălzirea apei în orele de vîrf de tipul PTVM-50 şi PTVM-100.

b) Construcţia a două CET de mare putere echipate cu turbine de termoficare de 250 MW şi chiar 420 MW de tipul T—250—240 şi T—420—240.

Turbinele de termoficare T—250—240 sînt analoge cu turbinele T—100—130, cu deosebirea că pot furniza la priză abur în total de 300 Gcal/h. Turbinele T—420—240 vor putea furniza din priză o cantitate de căldură de 500 Gcal/h. După 1966, cînd va începe construirea turbinelor de termoficare de mare putere T—250—240, dezvoltarea CET din Moscova se va realiza în mare parte cu aceste turbine, iar în jurul anului 1970 se vor monta, probabil, şi turbine de termoficare de mare putere T—420—240.

Se prezintă apoi soluţiile tehnico-economice comparative adecvate extinderii termoficării în oraşul Moscova, cu recomandarea folosirii lor în marile oraşe. Din studierea articolului rezultă următoarele concluzii :

1. Utilizarea grupurilor de mare putere pentru termoficare este oportună întrucît duce atît la economia cheltuielilor de exploatare cît şi la economia investiţiilor în cazul CET cu parametri ridicaţi, în comparaţie cu aceleaşi tipuri de centrale cu parametri mai scăzuţi ai aburului.

2. În oraşele mari se pot construi centrale termoelectrice de mare putere, 1000—2000 MW, cu parametrii iniţiali ai aburului de 240 at şi 580°C, întrucît calculele tehnico-economice arată utilitatea practică a acestor unităţi. Puterea totală a centralelor de termoficare în asemenea oraşe mari poate atinge valori de 7000—7500 MW.

3. Întrucît, cu ajutorul cazanelor de încălzit apă (boilere) de mare putere, se va acoperi cel puţin 50—60 % din sarcina termică orară de calcul a oraşului Moscova, este util ca la asemenea oraşe să se aplice şi să se perfecţioneze schemele şi regimurile de funcţionare a instalaţiilor de cazane, precum şi să se asigure producţia în serie a echipamentului principal şi auxiliar pentru ele.

4. Un oraş cu o populaţie de 150—180 mii de locuitori, în condiţiile climatice din zona centrală a U.R.S.S., în perioada de calcul ar putea să consume în întregime căldura obţinută de la un bloc cu turbine de tipul T—250—240. Aşadar, parametrii iniţiali supracritici au perspective largi în ceea ce priveşte folosirea lor în domeniul termoficării.

În încheiere se arată că determinarea regimurilor optime de exploatare în sistemele energetice cu CET cu parametri supracritici ai aburului constituie o sarcină de cercetare de actualitate, care se impune a fi luată în considerare, întrucît corespunde unei necesităţi practice.

c.a.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 383

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.316.1.052.2

Gheorghiu, N.: **Результаты эксплуатации в РНР сетей два провода-земля (ДПЗ) после восьми лет их работы и перспективы их развития**

Система два провода-земля является одним из самых эффективных решений для снижения себестоимости сельких электрических линий среднего напряжения. В 1954 году были введены в эксплуатацию первые линии напряжением 15 кв ДПЗ, а в настоящее время в эксплуатации находятся 249,5 км линий 15 кв ДПЗ. В статье приводятся особенности их работы конструктивные решения этих сетей и реузльтаты, достигнутые в эксплуатации, изложенные на основе статистических данных и даются предложения для расширения этой системы распределения.

Enegetica 11 (1963). № 8. стр. 401–416.

ДК 621.316.11.001.24

Groza L.,: **Практические формулы для расчета сетей применительно к колебаниям напряжения**

Приводятся весьма простые формулы, которые могут быть применены в эксплуатации и проектировании в связи с явлениями имеющими отношение к структуре сети, для расчёта которых обычно необходимы трудоемкие расчёты. Полученные формулы являются результатом долголетней практики, причём они были подвергнуты проверке с помощью точных расчетов, произведенных на электронных вычислительных машинах, а также путём практических испытаний на действительной сети. Поскольку были получены удовлетворительные результаты, эти формулы рекомендуются для практического применения.

Energetica 11 (1963). № 8 стр. 416–421.

ДК 621.316.93 : 621.316.1.003–4

Adămuț, I. и *Popa, B.:* **Технико-экономическая эффективность защитных средств 110 кв линий против атмосферных сверхнапряжений**

Устанавливаются условия экономической эффективности защитных средств против атмосферных сверхнапряжений на высоковольтных линиях, причём в качестве характерного параметра применяется стоимость одного срабатывания. Устанавливается экономичное условие отказа от защитного провода и установки оптимального заземлителя.

Energetica 11 (1963). № 8. стр. 421–427.

ДК 621.313.1.004.4

Pasere, E.: **Противопожарная защита электрогенераторов**

Вкратце анализируются методы тушения пожаров на генераторах; особое внимание уделяется различным типам детекторов, а также преимуществам тушения пожаров водой.

Energetica 11 (1963). № 8. стр. 428–432.

ДК 621.311.2.002.72

Măcriș, A.: **Выбор основных механизмов для механизации монтажных работ на электростанциях**

При проектировании монтажной схемы электрических станций в целях выбора оптимального технико-экономического решения, рассматриваются необходимые технико-экономические показатели, соответствующие расчётные формулы и соображения, лежащие в основе оценки их эффективности.

Energetica 11 (1963). № 8. стр. 432–429.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДК 621.165.004.5

Bărbulescu, I.: **Об отложении солей на лопастях турбин. Смывание нерастворимых солей**

Energetica 11 (1963). № 8. стр. 440–443.

ДИСКУССИИ

ДК 697.340.003

Popa, T.: **Упрощенный метод проверки нормированного удельного расхода тна теплофикационных централях**

Enegetica 11 (1963). № 8. стр. 443–444.

РЕЦЕНЗИИ — ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.316.1.052.2

Gheorghiu, N.: **Achtjährige Betriebsergebnisse rumänischer Drehstromnetze mit Erde als drittem Leiter und Ausweitungsmöglichkeiten dieser Netzbauart**

Zweileiter-Drehstromnetze mit Erde als dritte Phase stellen eine wirksame Lösung zur Herabsetzung der Baukosten von Mittelspannungsnetzen dar. Es werden Betriebseigenschaften, bauliche Lösungen, sowie, auf Grund statistischer Daten, Betriebsergebnisse 250 km derartiger derzeit, zum Teil seit 1954 in Betrieb befindlicher 15 kV-Netze erörtert und Vorschläge zur Ausbreitung dieses Verteilungssystem gemacht.

Energetica 11 (1963). H. 8. S. 401–416.

DK 621.316.11.001.24

Groza, L.: **Praktische Netzberechnungsformeln mit besonderer Berücksichtigung von Spannungsänderungen**

Es werden Formeln von grosser Einfachheit angegeben, die im Betrieb und bei Entwurf auf die mit der inneren Netzstruktur stehenden Erscheinungen angewendet werden können, für deren Ermittlung sonst umfangreiche Mittel erforderlich sind. Die das Ergebnis einer langen Praxis bildenden Formeln wurden durch genaue, mit elektronischen Rechnern ausgeführte Berechnungen, sowie durch Netzversuche bestätigt, so dass ihre Anwendung empfohlen werden kann.

Energetica, 11 (1963). H. 8. S. 416–421.

DK 621.316.93 : 621.316.1.003–4

Adămuț, I. und *Popa, B.:* **Wirksamkeit und Rentabilität von Schutzvorrichtungen für 110-kV-Freileitungen gegen Überspannungen athmosphärischen Ursprungs**

Die Bedingungen technischer Wirksamkeit und wirtschaftlicher Tragbarkeit von Schutzvorrichtungen für Hochspannungsfreileitungen gegen Überspannungen atmosphärischen Ursprungs werden auf Grundlage der Kosten einer Ausschaltung bestimmt. Es werden die wirtschaftlichen Bedingungen des Verzichts auf Schutzleiter sowie für optimale Erder berechnet.

Energetica , 11 (1963) H. 8. S. 421–427.

DK 621.313.1.004.4

Pasere, E.: **Brandschutz für elektrische Generatoren**

Die Feuerlöschverfahren für Generatoren werden kurz erörtert, mit besonderer Berücksichtigung verschiedener Feuermeldeanlagen, sowie der Vorteile der Brandlöschung mittels Wasser.

Energetica 11 (1963). H. 8. S. 428–432.

DK 621.311.2.002.72

Măcriș, A.: **Wahl der witchtigsten Geräte für Mechanisierung der Montage von Kraftwerken**

Zwecks Wahl der technisch und wirtschaftlich optimalen Lösung bei Entwurf von Montageschemas für Kraftwerke werden die in Betracht zu ziehenden Kennzahlen, die Berechnungsformeln sowie die Bedingungen für Einschätzung des Erfolgs untersucht.

Energetica 11 (1963). H. 8. S. 432–439.

AUS DEN BETRIEBEN

KD 621.165.004.5

Bărbulescu, I.: **Salzablagerungen auf Turbinenschaufeln. Waschung nichtlöslicher Salze**

Energetica 11 (1963). H. 8. S. 440–443.

DISKUSSIONEN

DK 697.340.003

Popa, T.: **Vereinfachtes Verfahren zur Überprüfung des genormten spezifischen Verbrauchs von Fernheizkraftwerken**

Energetica 11 (1963). H. 8. S. 443–444.

REZENSIONEN — DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.316.1.052.2

Gheorghiu, N. : **Résultats de l'exploitation en Roumanie des réseaux deux conducteurs — terre après huit années de fonctionnement et les perspectives de leur développement**

L'une des solutions les plus efficaces pour la réduction du coût des lignes électriques rurales à moyenne tension est le système deux conducteurs — terre. L'article résume les particularités de fonctionnement, les solutions constructives et les résultats de l'exploitation des lignes à 15 kV système deux conducteurs — terre s'étendant sur 250 km dont les premières ont été mises en fonction en 1954. L'auteur propose l'extension de ce système de distribution.

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 401–416.

CD 621.316.11.001.24

Groza, L. : **Formules pratiques pour le calcul des réseaux avec références spéciales concernant les variations de tension**

L'auteur présente des formules très simples qui peuvent être appliquées — dans le domaine de l'exploitation et dans l'établissement des projets — aux phénomènes liés à la structure du réseau, qui impliquent des moyens beaucoup plus laborieux quand on utilise une autre méthode de calcul. Les formules obtenues représentent le résultat d'une longue pratique ; elles ont été vérifiées à l'aide de calculs précis effectués avec des machines électroniques, ainsi que par des essais dans le réseau. Les résultats ainsi obtenus étant satisfaisants, l'auteur considère qu'on peut recommander leur application pratique.

Energetica 11 (1963), nr. 8, p. 416–421.

CD 621.316.93 : 621.316.1003–4

Adămuț, I. et *Popa, B.* : **L'éfficacité technique et économique des moyens de protection des lignes de 110 kV contre les surtensions atmosphériques**

Pour établir les conditions les plus efficaces des moyens de protection des lignes de haute tension contre les surtensions atmosphériques, les auteurs ont adopté comme paramètre caracteristique le coût provoqué par les conséquences d'un déclanchement. Ils déterminent les économies réalisées si on renonce au conducteur de protection et ils établissent la valeur optimale de la résistance de mise à la terre.

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 421–427.

CD 621.313.1.004.1

Pasere, E. : **La protection des générateurs électriques contre l'incendie**

L'auteur fait une brève analyse des méthodes d'extinction de l'incendie des génerateurs ; il expose les divers types de détecteurs et souligne les avantages de l'extinction à l'aide d'eau.

Energetica 11 (1963), nr. 8, p. 428–432.

CD 621.311.2.002.72

Măcriș, A. : **Choix des principaux mécanismes nécessaires à la mécanisation du montage des centrales électriques**

L'article expose les indices techniques et économiques, leurs formules de calcul et les éléments que l'on doit considérer pour apprécier l'efficacité économique des diverses variantes afin de choisir la solution optimale à l'établissement du schéma de montage d'une centrale électrique.

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 432–439

DE L'EXPLOITATION

CD 621.165.004.5

Bărbulescu, I. : **Les dépôts de sels sur les palettes des turbines. Le lavage des sels insolubles**

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 440–443.

DISCUSSIONS

CD 697.340.003

Popa, T. : **Méthode simplifiée pour la vérification de la consommation spécifique normée des centrales à production simultanée d'énergie thermique et électrique**

Energetica 11 (1963), nr. 8, p. 443–414.

COMPTES-RENDUS — DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.316.1.052.2

Gheorghiu, N. : **Results obtained by the exploitation in Rumania of rural networks with two conductors and ground return after eight years of operation and possibilities of their development**

One of the most efficient solutions for diminishing the cost of rural electric networks at medium voltage is the two conductors and ground return system, used in Rumania from 1954 and reaching at present 250 km of lines at 15 kV. The article presents the operation characteristics, the structural solutions and the results of the exploitation, based on statistical data. The author proposes the extension of this distribution system.

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 401–416.

DC 621.316.11.001.24

Groza, L. : **Practical formulas for network analysis, with special reference to voltage variations**

Very simple formulas are mentioned that may be applied, for design and operation, to phenomena related to the inside structure of the network, which analysis would be otherwise very difficult. The formulas obtained are the result of long practice and were checked by accurate calculations made by electronic calculators as well as by tests in the network. The results are satisfying so that they can be recommended to be applied.

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 416–421.

DC 621.316.93 : 621.316.1003–4

Adămuț, I. and *Popa, B.* : **Technical and economical efficiency of the protection against atmospheric surges for 110 kV lines**

To establish the efficiency conditions of protection devices against atmospheric surges on H.V. lines, the authors have taken up as characteristic value the cost of one tripping. Also they determine economies obtained when no guard wire is provided and they establish the optimal value of the earthing resistance.

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 421–427.

DC 621.313.1.004.4

Pasere, E. : **Safeguard of power generators against fire**

Methods applied to extinguish fire at power generators are shortly investigated ; stress is laid upon various types of fire detecting devices as well as upon the advantages obtained when extinguishing fire with water.

Energetica, 11 (1963), no. 8, p. 428–432.

DC 621.311.2.002.72

Măcriș, A. : **Selection of main mechanisms recquired for the erection of power plants**

Technical and economical indices, calculation formulas and elements to be considered for appreciating the economic efficiency of various alternatives are mentioned by the authors in view of choosing the optimal solution of the erection scheme for a power plant.

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 432–439.

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.165.004.5

Bărbulescu, I. : **Salt deposits on turbine blading. Wash down of insoluble salts**

Energetica, 11 (1963), no. 8, p. 440–443.

DISCUSSIONS

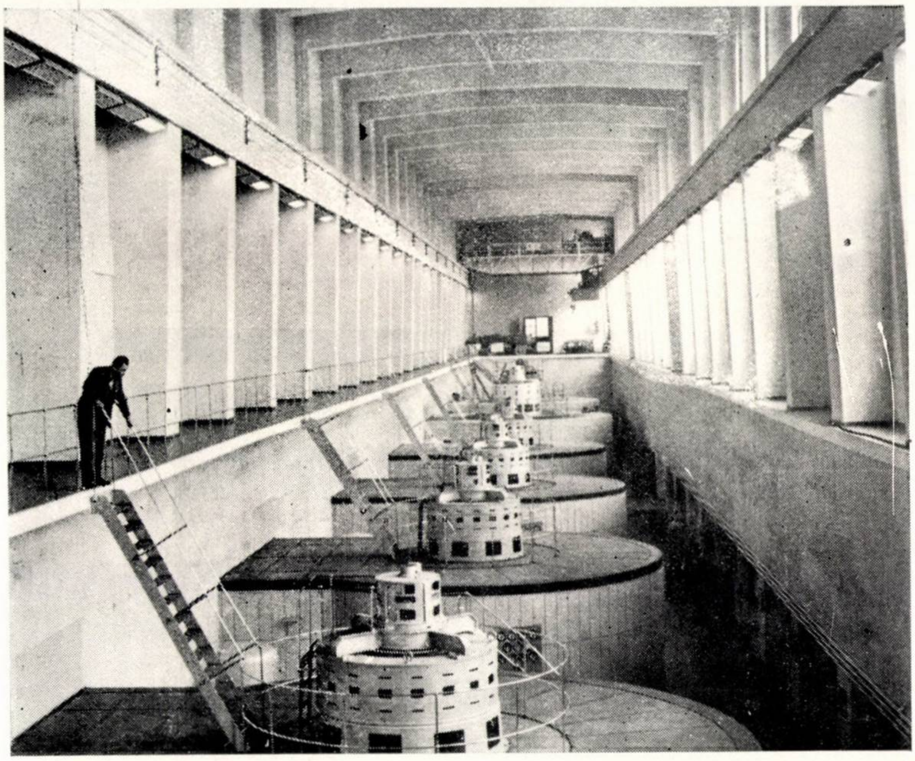
CD 697.240.003

Popa, T. : **Simplified method for checking standard specific consumption of power and heat delivering plant**

Energetica 11 (1963), no. 8, p. 443–444.

REVIEWS — DOCUMENTATION

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1963



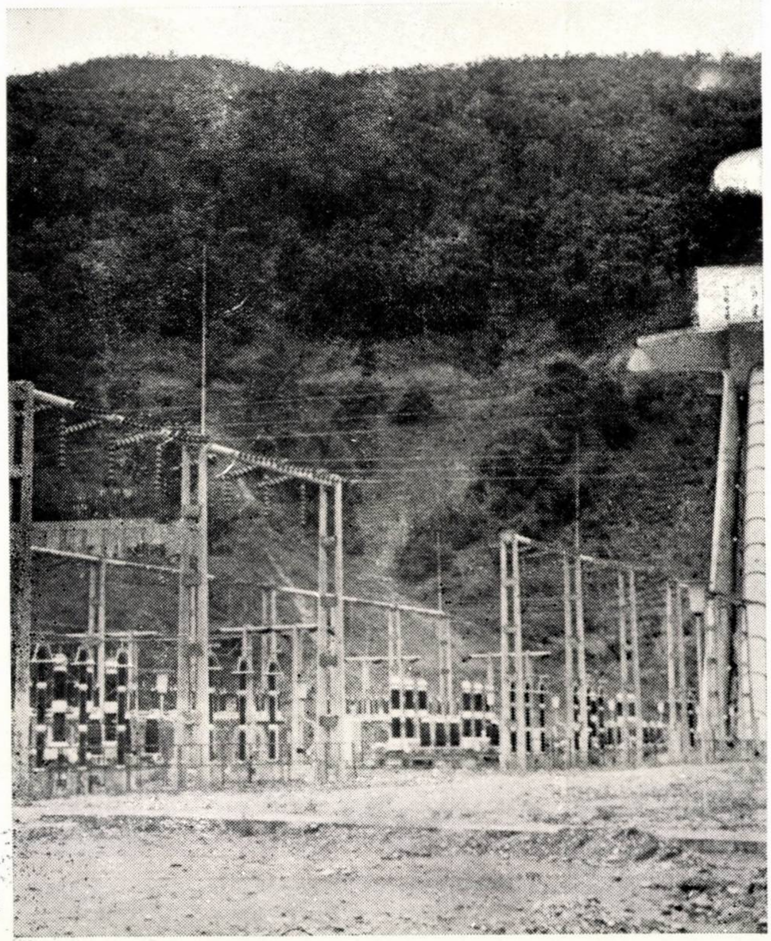
Sala turbinelor de la o centrală electrică

IMCE

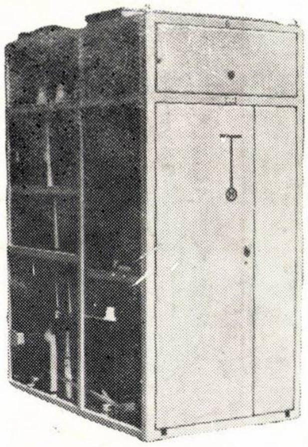
BUCUREŞTI, CALEA DOROBANŢILOR 105 — RAIONUL 30 DECEMBRIE — TELEFON 11.14.10

Inginerii şi tehnicienii din cadrul Întreprinderii de Montaje Centrale Electrice aplică cele mai moderne procedee tehnologice în montajul de:

- **Cazane de abur cu parametri înalţi**
- **Turbine de abur pînă la puteri de 150 000 kW**
- **Turbine hidro de cele mai variate puteri**
- **Motoare Diesel stabile**
- **Instalaţii electrice pînă la 400 000 Volţi**



Staţie de transformare de înaltă tensiune

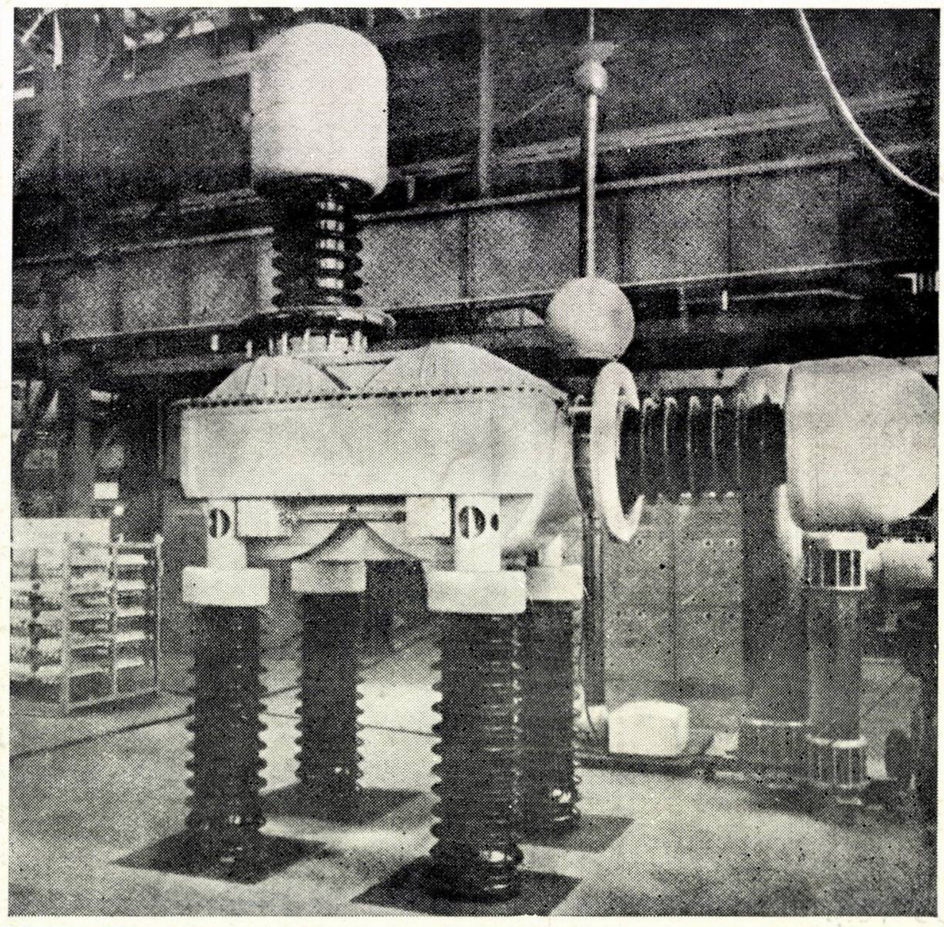


UZINELE
ELECTRO PUTERE

FABRICA DE APARATE ELECTRICE din
UZINELE „ELECTROPUTERE" — CRAIOVA

produce și livrează următorul echipament electrotehnic:

- **Întreruptoare, transformatoare de măsură și separatoare pînă la 110 kV pentru stațiile de medie și înaltă tensiune;**
- **Aparataj de comandă pentru mașinile electrice rotative;**
- **Celule prefabricate de 6 (10) kV cu scheme corespunzînd unei varietăți însemnate de cerințe ridicate de condițiile de exploatare.**



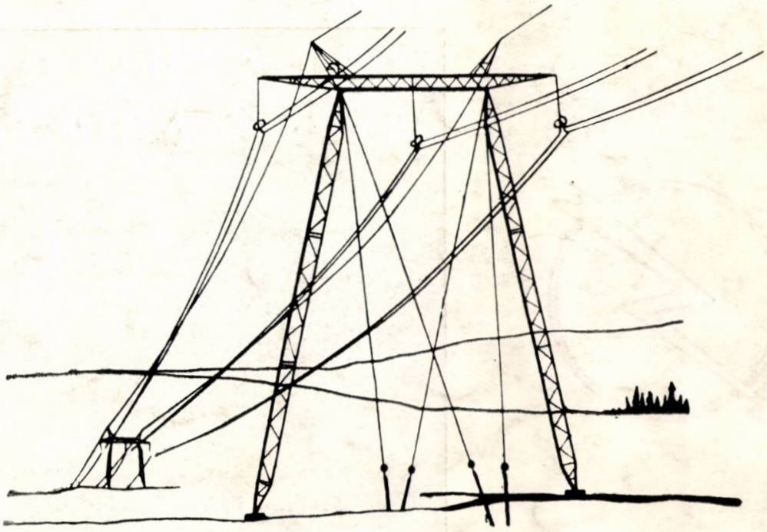
UZINELE ELECTROPUTERE
CRAIOVA — Calea București, nr. 262, Telefon: 28.00

E 2039

R

ENERGETICA

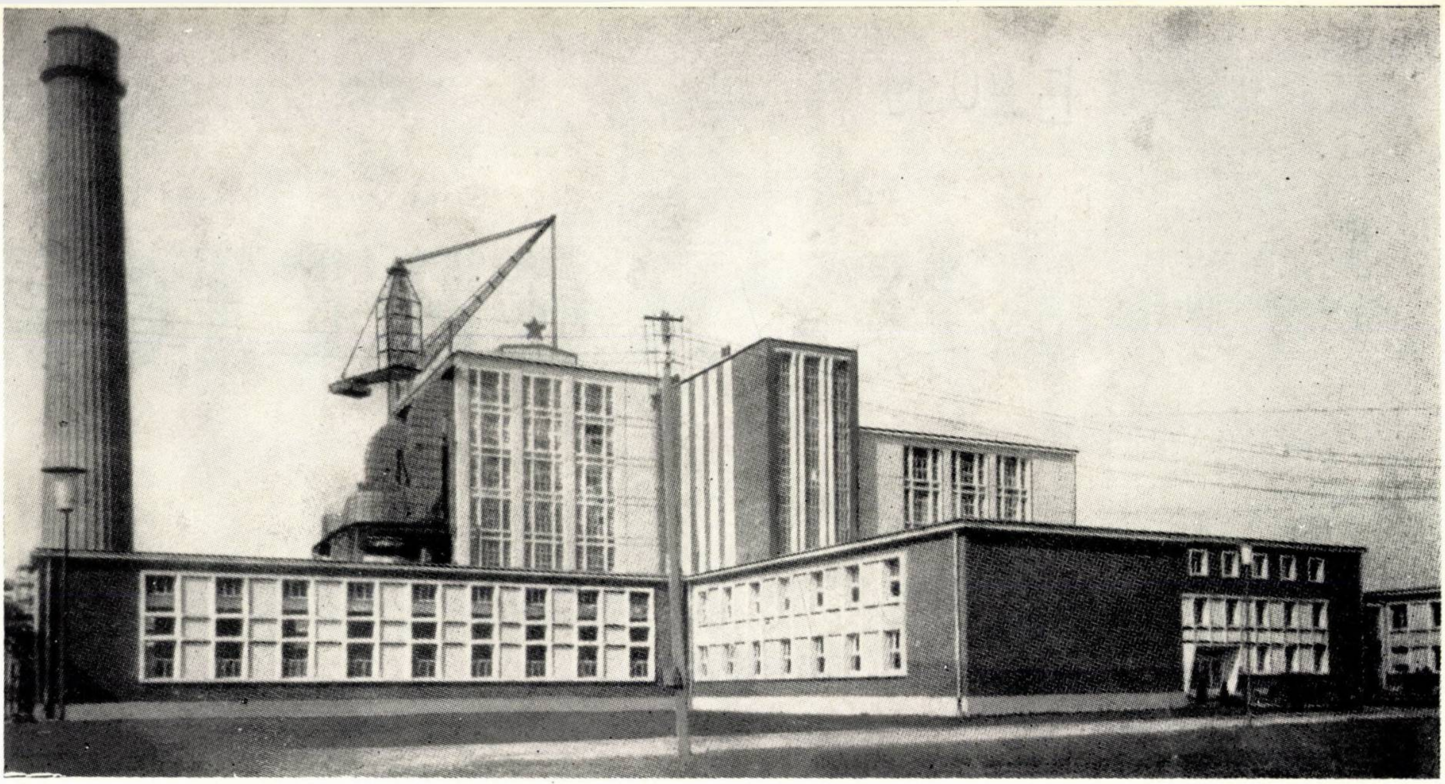
[illegible]



VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 9 ★ ENERGETICA

9

BUCUREȘTI ★ SEPTEMBRIE ★ 1963



TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale.

Produce prin unitățile sale industriale:

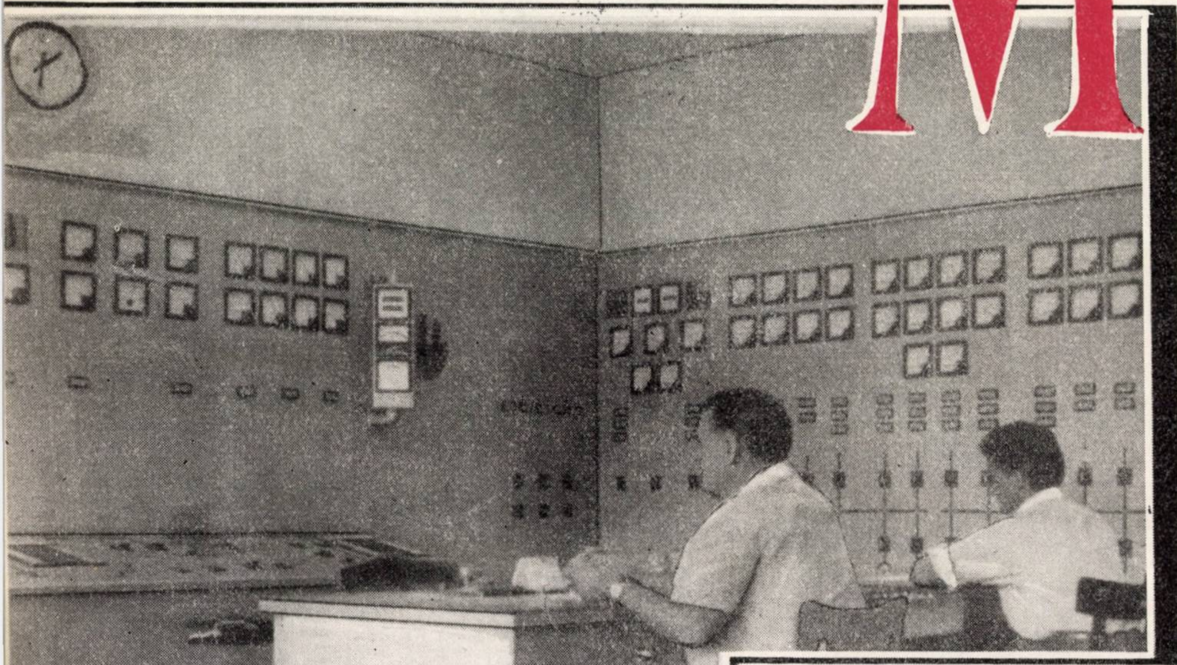
- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 – TELEFON 16.63.30

Linie de 400 kV pe stîlpi de beton armat, centrifugat

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE
BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

IMCE



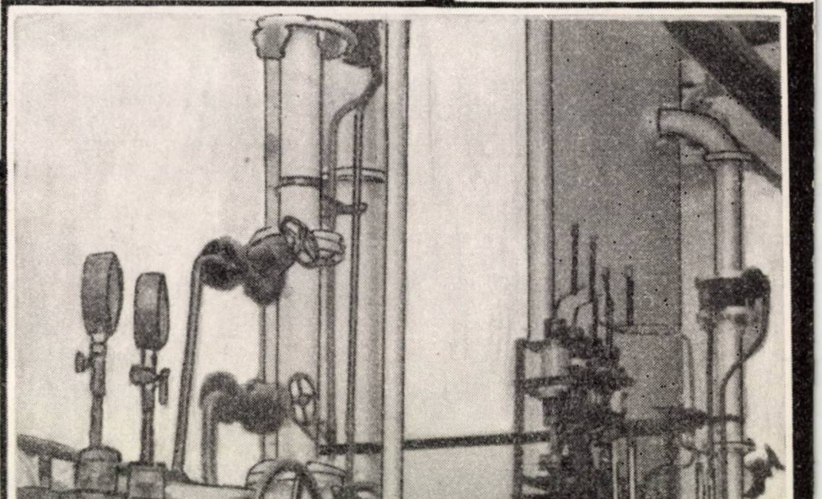
Cameră de comandă la o centrală termoelectrică

ÎN ÎNTREPRINDEREA DE MONTAJE CENTRALE ELECTRICE

MUNCITORII, TEHNICIENII ȘI INGINERII

își ridică nivelul cunoştinţelor teoretice şi practice prin însuşirea noilor tehnologii de montaj de :

- **Cazane de abur de parametri înalți**
- **Turbine cu abur și hidro de mari puteri**
- **Motoare Diesel și compresoare**
- **Instalații electrice de foarte înaltă tensiune**



Stație de epurare chimică la o centrală termoelectrică

ENERGETICA

ANUL 11   Nr. 9   SEPTEMBRIE 1963

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

CUPRINS

A. Cogălniceanu **Repartiţia investiţiilor şi cheltuielilor anuale ale amenajărilor complexe între folosinţele beneficiare** 449—461

M. Cîrdu **Turbine cu abur în centrale atomoelectrice** 461—468

H. Furtunescu **Scheme raţionale de preparare a apei calde menajere pentru consumatorii racordaţi la reţele de termoficare bitubulare închise** 468—476

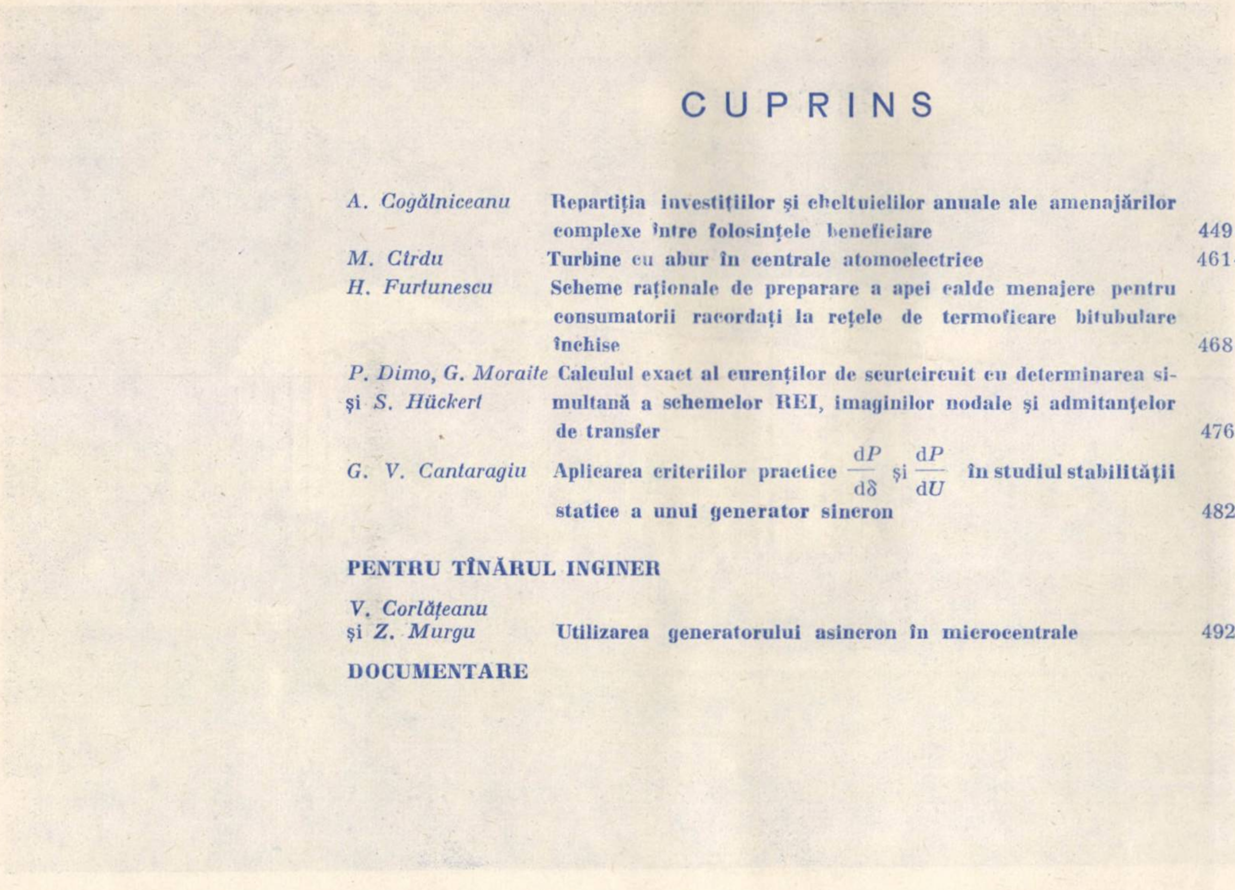
P. Dimo, G. Moraite şi S. Hückert **Calculul exact al curenţilor de scurtcircuit cu determinarea simultană a schemelor REI, imaginilor nodale şi admitanţelor de transfer** 476—481

G. V. Cantaragiu **Aplicarea criteriilor practice $\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}\delta}$ şi $\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}U}$ în studiul stabilităţii statice a unui generator sincron** 482—492

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

V. Corlăţeanu şi Z. Murgu **Utilizarea generatorului asincron în microcentrale** 492—495

DOCUMENTARE



Intreprinderea de Distribuire a Energiei Electrice din Bucureşti—Iluminat public—Sala Palatului

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, acad. prof. ing. **M. BERCOVICI**, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** şi ing. **P. VICOL**

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN" — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAŢIA", — Bucureşti c. 2919.

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr 560/11967/1962

41 401

Întreprinderea de Distribuire a Energiei Electrice din București—Iluminat public—Sala Palatului

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL 11
1963
Nr. 9
SEPTEMBRIE

Repartiția investițiilor și cheltuielilor anuale ale amenajărilor complexe între folosințele beneficiare*

Conf. ing. *A. COGĂLNICEANU*

Realizarea de mari lacuri de acumulare este legată, în cele mai multe cazuri, de rezolvarea unui complex de probleme ale economiei naționale, ca producerea de energie electrică, irigarea terenurilor agricole, alimentarea cu apă industrială și potabilă, mărirea producției piscicole, combaterea inundațiilor, îmbunătățirea condițiilor de navigație ș.a. În vederea obținerii efectului economic maxim pentru economia națională, utilizarea complexă a resurselor hidraulice trebuie să se facă pe bază de calcule tehnico-economice. Una din problemele cele mai importante legate de dimensionarea și exploatarea optimă a amenajărilor complexe o constituie repartiția corectă a investițiilor și cheltuielilor anuale totale ale amenajărilor complexe între diferitele folosințe beneficiare.

Construcția intensă a amenajărilor complexe în toate țările lumii și diversitatea situațiilor de calcul au făcut ca această problemă să fie mult dezbătută, utilizîndu-se și recomandîndu-se un mare număr de metode. Ținînd seamă de dezvoltarea intensă pe care o capătă în R.P.R. amenajările complexe, determinarea unei metode corecte de repartiție a investițiilor și cheltuielilor anuale între folosințele beneficiare capătă o importanță mare.

În cele ce urmează se analizează critic diferitele metode folosite și recomandate și se propun metodele cele mai indicate în diferite situații caracteristice.

Pentru a se ușura analiza critică a numeroaselor metode, acestea au fost sistematizate după structura relațiilor și după criteriile utilizate pentru repartizarea investițiilor și cheltuielilor anuale ale amenajărilor complexe.

1. Structura relațiilor utilizate pentru repartizarea cheltuielilor între folosințele amenajării complexe

După structura relațiilor utilizate pentru repartizarea cheltuielilor între diferitele folosințe ale amenajării complexe, se pot deosebi trei tipuri caracteristice de formule:

a) Primul tip de relații se caracterizează prin repartizarea direct proporțională asupra fiecărei folosințe a unei părți din investițiile și cheltuielile anuale totale ale amenajării complexe:

$$I_x = a_x I_H, \qquad C_x = a'_x C_H, \tag{1}$$

unde:

I_x, C_x reprezintă investițiile și cheltuielile anuale care revin folosinței x;

I_H, C_H — investițiile și cheltuielile anuale ale amenajării complexe propriu-zise;

a_x, a'_x — coeficienți de proporționalitate.

b) Al doilea tip de relații prevede ca fiecare folosință să preia integral investițiile și cheltuielile anuale specifice acesteia și o parte din cheltuielile comune:

$$I_x = I_H^x + b_x I_H^c, \qquad C_x = C_H^x + b'_x C_H^c, \tag{2}$$

---

* Articolul se supune discuției.

în care :

I_H^x, C_H^x reprezintă investițiile și cheltuielile anuale specifice folosinței x;

I_H^c, C_H^c — investițiile și cheltuielile anuale comune tuturor folosințelor;

b_x, b'_x — coeficienți de proporționalitate.

Cheltuielile specifice se referă la investițiile necesare pentru construirea și cheltuielile anuale cerute de exploatarea obiectelor amenajării complexe care servesc nemijlocit o anumită folosință bine determinată. Astfel, spre exemplu, cheltuielile legate de ecluză sînt preluate de navigație, cele care se referă la clădirea UHE, la echipamentul electromecanic ș.a. sînt suportate de energetică.

Cheltuielile comune rezultă prin scăderea tuturor cheltuielilor specifice ale celor n folosințe din cheltuielile totale ale amenajării complexe:

$$I_H^C = I_H - \sum_{x=1}^{n} I_H^x,$$
$$C_H^C = C_H - \sum_{x=1}^{n} C_H^x. \qquad (3)$$

c) Al treilea tip de relații, asemănător cu tipul al doilea, se caracterizează prin aceea că fiecare folosință preia integral investițiile și cheltuielile anuale speciale și o parte din investițiile și cheltuielile anuale generale ale amenajării complexe:

$$I_x = I_{HS}^x + c_x I_H^G,$$
$$C_x = C_{HS}^x + c'_x C_H^G, \qquad (4)$$

în care :

I_{HS}^x, C_{HS}^x sînt investițiile și cheltuielile anuale speciale ale folosinței x;

I_H^G, C_H^G — investițiile și cheltuielile anuale generale ale amenajării complexe;

c_x, c'_x — coeficienți de proporționalitate.

Cheltuielile speciale ale unei anumite folosințe x se referă la investițiile și cheltuielile anuale suplimentare care trebuie efectuate în cadrul amenajării complexe, în cazul în care inițial participă numai $n-1$ folosințe (deci fără folosința x), iar ulterior ar participa toate cele n folosințe (inclusiv folosința x). Deci cheltuielile speciale sînt date de diferența între cheltuielile totale ale amenajării complexe în cazul în care participă și folosința x ($I_H^{(n)}$, $C_H^{(n)}$) și cele corespunzătoare în ipoteza în care folosința x nu este inclusă între folosințele beneficiare ale amenajării complexe ($I_H^{(n-1)}$, $C_H^{(n-1)}$):

$$I_{HS}^x = I_H^{(n)} - I_H^{(n-1)},$$
$$C_{HS}^x = C_H^{(n)} - C_H^{(n-1)}. \qquad (5)$$

Cheltuielile generale, care trebuie repartizate între toate folosințele amenajării complexe, rezultă prin scăderea cheltuielilor speciale ale tuturor celor n folosințe din cheltuielile totale ale amenajării complexe:

$$I_H^G = I_H - \sum_{x=1}^{n} I_{HS}^x,$$
$$C_H^G = C_H - \sum_{x=1}^{n} C_{HS}^x. \qquad (6)$$

Se observă că suma tuturor coeficienților de proporționalitate, a, b, c, a', b', c', trebuie să fie egală cu unitatea.

2. Criterii pentru repartizarea cheltuielilor amenajării complexe între folosințele beneficiare

Pentru determinarea coeficienților de proporționalitate a_x, b_x, c_x, a'_x, b'_x, c'_x din cadrul relațiilor analizate, se utilizează diferite criterii, care în majoritatea cazurilor se pot aplica la toate cele trei tipuri de relații. În cele ce urmează se va determina coeficientul ρ_x, pe baza diferitelor criterii uzuale, care se poate identifica cu coeficienții a_x, b_x, c_x, după tipul relației utilizate, determinînd cota din cheltuielile totale, speciale sau generale, care poate fi suportată de folosința x. În mod similar, coeficientul ρ'_x se identifică cu coeficienții a'_x, b'_x, c'_x.

Criteriile principale și metodele cele mai utilizate din cadrul fiecărui criteriu sînt următoarele :

a) *Criteriul repartizării cheltuielilor proporțional cu volumul anual de apă folosit, sau cu gradul de utilizare a lacului de acumulare de către fiecare folosință.*

În cadrul acestui criteriu, metodele cele mai utilizate sînt:

— Repartizarea cheltuielilor proporțional cu volumul anual de apă utilizat de fiecare folosință. Raportul ρ_x este dat de relația:

$$\rho_x = \rho'_x = \frac{W_x}{\sum_{x=1}^{n} W_x},$$

unde :

W_x este volumul anual de apă consumat de folosința x;

$\sum_{x=1}^{n} W_x$ — volumul anual consumat de toate cele n folosințe ale amenajării complexe.

Această metodă poate fi utilizată numai cînd prelevarea apei pentru diferite folosințe se face din același bief, iar diferitele volume de apă sînt utilizate pentru satisfacerea unei singure folosințe. În cazul în care apa este utilizată simultan pentru satisfacerea mai multor folosințe (spre exemplu întîi pentru energetică, iar apoi pentru irigații), sau cînd apa este luată atît din bieful superior cît și din cel inferior, metoda nu poate fi folosită.

— Repartizarea cheltuielilor proporțional cu volumul de lac utilizat pentru fiecare folosință :

$$\rho_x = \rho'_x = \frac{V_{ux}}{\sum\limits_{x=1}^{n} V_{ux}},$$

unde :

V_{ux} reprezintă volumul de lac utilizat pentru satisfacerea folosinței x ;

$\sum\limits_{x=1}^{n} V_{ux}$ — volumul total al lacului, care permite satisfacerea tuturor celor n folosințe.

Problema determinării volumului din lac utilizat pentru o anumită folosință este complexă și dificilă, depinzînd atît de debitele afluente în lac, cît și de prelevările pentru diferite folosințe, care sînt variabile în timp. Totodată volumul lacului de acumulare este utilizat pentru folosirea simultană a mai multor folosințe, fiind greu de diferențiat cota care revine fiecăreia.

— Repartizarea cheltuielilor proporțional cu potențialul hidroenergetic utilizat de fiecare folosință, pe baza raportului :

$$\rho_x = \rho'_x = \frac{E_x}{\sum\limits_{x=1}^{n} E_x} = \frac{E_x}{E_0 - \Delta E_0},$$

unde :

$E_0 = \frac{W_0 H_0}{367}$ este potențialul hidroenergetic teoretic total ($\eta = 1$) al sectorului de rîu utilizat de amenajarea complexă;

$E_x = \frac{W_x H_x}{367}$ — potențialul hidroenergetic utilizat din resursele hidroenergetice totale ale amenajării (E_0) pentru satisfacerea folosinței x ;

ΔE_0 — pierderile de potențial hidroenergetic din lacul de acumulare comune tuturor folosințelor, datorită evaporației, infiltrațiilor ș.a. ;

H_0 — căderea totală maximă a amenajării complexe;

H_x — căderea utilizată pentru satisfacerea folosinței x.

Pentru determinarea tuturor acestor elemente este necesar să se construiască epura balanței hidroenergetice a amenajării complexe.

Deficiența acestei metode constă în aceea că echivalează valoarea apei pentru diferite folosințe cu valoarea acesteia pentru producerea energiei electrice.

b) *Criteriul repartizării cheltuielilor amenajării complexe proporțional cu cheltuielile corespunzătoare în alte soluții de înlocuire care realizează un efect analog, în afara cadrului amenajării complexe*

În cadrul acestui criteriu se pot deosebi mai multe metode, dintre care cele principale sînt :

— Repartizarea cheltuielilor pe baza rezolvării separate a necesităților fiecărei folosințe. Metoda se bazează pe determinarea investițiilor în cazul în care amenajarea complexă nu s-ar realiza, pentru satisfacerea fiecărei folosințe adoptîndu-se soluții separate, fie în același amplasament cu cel al amenajării complexe, fie în altă parte. Cota care revine fiecărei folosințe este dată de relațiile :

$$\rho_x = \frac{I_{xA}}{\sum\limits_{x=1}^{n} I_{xA}}; \quad \rho'_x = \frac{C_{xA}}{\sum\limits_{x=1}^{n} C_{xA}},$$

unde I_{xA}, C_{xA} reprezintă investiția și cheltuielile anuale în ipoteza în care nu s-ar realiza amenajarea complexă, obținîndu-se un efect analog prin rezolvarea separată a fiecărei folosințe.

Această metodă, destul de răspîndită, nu ține seamă de o serie de realități, ceea ce o face destul de convențională.

Astfel, o dată cu satisfacerea unei folosințe principale, se pot rezolva, complet sau parțial, și unele folosințe secundare. De asemenea, pe un același amplasament nu se pot realiza simultan mai multe amenajări independente pentru diferite folosințe.

— Repartizarea cheltuielilor proporțional cu economia de investiții și cheltuieli anuale, la trecerea de la rezolvarea independentă a fiecărei folosințe la satisfacerea lor în comun, în cadrul amenajării complexe

$$\rho_x = \frac{\Delta I_x}{\sum\limits_{x=1}^{n} \Delta I_x} = \frac{I_{xA} - I_x}{\sum\limits_{x=1}^{n} (I_{xA} - I_x)};$$

$$\rho'_x = \frac{\Delta C_x}{\sum\limits_{x=1}^{n} \Delta C_x} = \frac{C_{xA} - C_x}{\sum\limits_{x=1}^{n} (C_{xA} - C_x)}.$$

Pe lîngă lipsurile menționate mai sus, această metodă este dificil de aplicat, întrucît necesită cunoașterea chiar a valorilor I_x și C_x, adică a valorilor căutate ale investițiilor și cheltuielilor anuale care revin folosinței x din investițiile amenajării complexe.

c) *Criteriul repartizării cheltuielilor amenajării complexe ținînd seamă de folosința principală*

Acest criteriu se aplică în special relațiilor de tipul al doilea și al treilea, pentru repartizarea cheltuielilor comune sau generale ale amenajării complexe.

Printre metodele cele mai utilizate menționăm :

— Trecerea investițiilor și cheltuielilor anuale, comune sau generale, asupra folosinței principale, celelalte folosințe ale amenajării complexe preluînd numai investițiile specifice sau speciale care le revin.

Acest mod de repartizare a cheltuielilor dezavantajează folosința principală și avantajează în schimb folosințele secundare.

— Folosințele secundare preiau cota maximă pe care o pot suporta în limite economice sau cheltuielile corespunzătoare cu cele ale soluțiilor de înlocuire, diferența pînă la valoarea cheltuielilor comune, generale sau totale ale amenajării complexe fiind repartizată folosinței principale.

Acest mod de repartizare a cheltuielilor oferă toate avantajele numai folosinței principale.

— În cazul în care numărul folosințelor este redus și toate sînt importante, astfel că nu se poate stabili folosința principală, cheltuielile comune sau generale se împart egal între cele n folosințe :

$$\rho_x = \frac{I_H^C}{n}; \ \rho_x' = \frac{C_H^c}{n}.$$

În astfel de situații se mai utilizează, în unele cazuri, metoda repartizării cheltuielilor proporțional cu cheltuielile specifice sau speciale ale fiecărei folosințe :

$$\rho_x = \frac{I_H^x}{\sum\limits_{x=1}^{n} I_H^x}; \ \rho_x' = \frac{C_H^c}{\sum\limits_{x=1}^{n} C_H^x}.$$

Aceste ultime două metode sînt foarte simpliste, și din această cauză aplicarea lor nu se recomandă decît în cazuri rare, în faze cu totul preliminare.

d) *Criteriul repartizării cheltuielilor proporțional cu rezultatele economice aduse de fiecare folosință*

Metodele cuprinse în această categorie țin seamă de valoarea diferită a apei pentru fiecare folosință. În cadrul acestui criteriu există numeroase metode, dintre care cele principale sînt :

— Repartizarea cheltuielilor proporțional cu reducerea cheltuielilor anuale ale fiecărei folosințe în urma intrării în funcțiune a amenajării complexe.

În această metodă se determină pentru fiecare folosință cheltuielile necesare pentru atingerea unui anumit volum de producție, într-o altă soluție, în afara cadrului amenajării complexe. Cota care revine fiecărei folosințe din cadrul amenajării complexe este dată de relația :

$$\rho_x = \rho_x' = \frac{P_x\,[C_x^0 - C_x']}{\sum\limits_{x=1}^{n} P_x\,[C_x^0 - C_x']},$$

unde :

P_x este volumul producției folosinței x, la nivelul final al exploatării amenajării complexe ;

C_x^0 — cheltuielile anuale pentru folosința x pentru atingerea volumului producției P_x în afara cadrului amenajării complexe ;

C_x' — cheltuielile de producție pentru folosința x în cadrul amenajării complexe.

Toate valorile se calculează ca medii pe perioada de calcul sau, în unele cazuri, la nivelul final.

Această metodă ține seamă numai de cheltuielile anuale, nu și de investițiile necesare pentru micșorarea cheltuielilor anuale. În plus, aplicarea ei este dificilă, deoarece pentru determinarea cheltuielilor în cazul amenajării complexe este necesar să se cunoască investițiile și cheltuielile care revin fiecărei folosințe, deci tocmai valorile căutate.

— Repartizarea cheltuielilor proporțional cu venitul obținut de la fiecare folosință. În cadrul acestei metode se pot utiliza mai multe moduri de calcul, adoptîndu-se în unele cazuri diferite simplificări pentru ușurarea lor. Printre metodele utilizate se menționează :

— Repartizarea cheltuielilor pe baza coeficientului de proporționalitate ρ_x, dat de relația :

$$\rho_x = \rho_x' = \frac{V_x - p_i\, I}{\sum\limits_{x=1}^{n} (V_x - p_i I)},$$

unde :

V_x este venitul net obținut de la fiecare folosință a amenajării complexe ;

p_i — procentul din investiții care determină cheltuielile anuale ;

I — investiția în cazul diferitelor folosințe ; în cazul metodelor din grupa 2 și 3, I se referă la investițiile specifice, respectiv speciale.

După cum se constată, în cazul metodelor din grupa 2 și 3, valoarea $p_i I$ nu cuprinde decît o parte a cheltuielilor, și anume pe cele care se referă numai la obiectele specifice sau speciale, și nu cuprinde partea din cheltuielile comune sau generale care urmează să fie repartizate.

În alte cazuri se recomandă ca valoarea ($V_x - p_i I$) să se compare cu valoarea corespunzătoare în cazul unei soluții de înlocuire în afara amenajării complexe, în relația de mai sus trecîndu-se valoarea minimă dintre cele două variante comparate.

În alte metode se recomandă să se țină seamă de toate cheltuielile amenajării complexe, ceea ce complică calculele, valoarea I conținînd tocmai mărimile căutate.

Repartizarea cheltuielilor pe baza coeficientului de proporționalitate ρ_x, dat de relația :

$$\rho_x = \rho'_x = \frac{V'_x}{\sum\limits_{x=1}^{n} V'_x},$$

unde :

$$V'_x = \sum_{0}^{T-t_j} (V_{0xj} - I_{xj} - C_{xj}),$$

în care :

V_{0xj}, I_{xj}, C_{xj} reprezintă, respectiv, venitul net suplimentar, investițiile și cheltuielile anuale în cursul unui an (anul j) din cadrul perioadei de calcul ;

t_j — anul intrării în funcțiune a folosinței x după terminarea construcției obiectelor principale ale amenajării complexe.

Dificultatea acestei metode constă în faptul că pentru determinarea valorii V'_x a fiecărei folosințe este necesar să se cunoască chiar valorile căutate, adică I_x și C_x ; rezolvarea ei se face prin aproximații succesive.

e) *Criteriul repartizării cheltuielilor proporțional cu cheltuielile necesare în alte soluții care realizează un efect economic analog, în afara cadrului amenajării complexe*

Repartizarea cheltuielilor totale, comune sau generale se face proporțional cu efectul economic obținut de fiecare folosință de la amenajarea complexă, comparativ cu obținerea aceluiași rezultat de la o soluție echivalentă în ipoteza nerealizării amenajării complexe. Repartizarea cheltuielilor se face astfel încît să se obțină aceeași eficiență economică pentru fiecare folosință a amenajării complexe, dată de termenul de recuperare T_H al întregii amenajări complexe.

Termenul de recuperare T_H al amenajării complexe, față de alte soluții echivalente pentru fiecare folosință, rezultă din relația :

$$T_H = \frac{I_H + \sum\limits_{x=1}^{n} I_s^x - \sum\limits_{x=1}^{n} I_A^x}{\sum\limits_{x=1}^{n} C_A^x - C_H - \sum\limits_{x=1}^{n} C_s^x},$$

unde :

I_H, C_H sînt investiții și cheltuieli anuale totale ale amenajării complexe ;

I_S^x, C_S^x — investiții și cheltuieli anuale suplimentare pentru utilizarea apei, astfel încît să se obțină efectul economic prevăzut pentru o anumită folosință x ;

I_A^x, C_A^x — investiții și cheltuieli anuale pentru folosința x, în cazul alternativei optime posibile, dacă nu se realizează amenajarea complexă (inclusiv cheltuielile suplimentare pentru utilizarea apei).

În cazul relațiilor de tipul 1, cota a_x din totalul cheltuielilor amenajării complexe se determină pe baza relației :

$$a_x [I_H + T_H C_H] = I_A^x + T_H C_A^x,$$

de unde :

$$a_x = \frac{I_A^x + T_H C_A^x}{I_H + T_H C_H}.$$

În cazul relațiilor de tipul 2 și 3, cota parte ρ_x, care revine folosinței x, se calculează din expresia :

$$I_H^x + I_x^c + T_H [C_H^x + C_x^c] = I_A^x + T_H C_H^x,$$

unde I_x^c, C_x^c reprezintă cota maximă din investițiile și cheltuielile anuale comune sau generale ale amenajării complexe care poate fi preluată de folosința x.

$$I_x^c = \rho_x I_H^c$$

$$C_x^c = \rho'_x C_H^c.$$

Întrucît în cadrul acestei relații sînt două necunoscute, I_x^c și C_x^c (respectiv ρ_x și ρ'_x), rezolvarea se poate face în două moduri :

— folosința principală preia atît cheltuielile anuale specifice sau speciale care îi revin, cît și cheltuielile anuale comune sau generale ale amenajării complexe ;

— repartizarea investițiilor și cheltuielilor anuale se face în același raport ($\rho_x = \rho'_x$).

În acest al doilea caz, relația de calcul devine :

$$I_H^x + \rho_x I_H^c + T_H [C_H^x + \rho_x C_H^c] = I_a^x + T_H C_A^x,$$

de unde rezultă valoarea ρ_x, care reprezintă cota maximă din investițiile și cheltuielile anuale comune care poate fi suportată în condiții economice de folosința x.

3. Analiza critică a metodelor utilizate pentru repartizarea cheltuielilor amenajării complexe

Din analiza grupelor caracteristice de relații pentru determinarea cheltuielilor care revin diferitelor folosințe ale amenajărilor complexe, rezultă că relațiile de tipul 1 prezintă o serie de lipsuri esențiale.

Principala deficiență constă în aceea că din cheltuielile totale ale amenajării complexe nu se separă cele caracteristice unor folosințe care să fie preluate integral de acestea. Utilizarea relațiilor de tipul 1 face ca, în unele cazuri, cheltuielile specifice unor folosințe să fie preluate de altele. O importanță deosebită prezintă determinarea cheltuielilor totale care trebuie repartizate între diferitele folosințe. Astfel, spre exemplu, dacă în cheltuielile totale se includ și unele cheltuieli suplimentare necesare pentru folosirea apei, cum sînt: canalele magistrale și rețeaua de irigație, cheltuielile care vor reveni celorlalte folosințe vor fi mai mari decît în cazul cînd acestea nu sînt incluse, deși capacitatea și regimul lor de funcționare rămîn aceleași.

Din această cauză, relațiile de tipul 1 nu permit să se determine un aspect deosebit de important, și anume dacă este economic să se includă o anumită folosință în cadrul amenajării complexe, din cauză că unele folosințe neeconomice pot apărea ca economice în detrimentul altora.

Structura relațiilor de tipul 2 și 3 răspunde mult mai bine problemei repartizării cheltuielilor amenajării complexe între folosințele beneficiare. Comparînd între ele aceste relații, se constată că tipul 3 reușește să prindă mai bine influența fiecărei folosințe asupra cheltuielilor totale ale amenajării complexe. Aplicarea acestei metode necesită însă un volum suplimentar de proiectare, pentru determinarea investițiilor și cheltuielilor anuale în cazul participării la amenajarea complexă, succesiv numai a $(n - 1)$ folosințe.

Întrucît însă, în cazul multor folosințe, instalațiile specifice lor sînt situate în afara amplasamentului amenajării complexe (irigații, alimentări cu apă etc.), acestea beneficiind numai de debitele regularizate în lac, se poate aplica cu rezultate bune și relația de tipul 2, care dă rezultate similare cu cele ale relației de tipul 3, fără să necesite lucrări suplimentare de proiectare.

Investițiile caracteristice care sînt preluate de fiecare folosință diferă, în cazul relațiilor de tipul 2 și 3, atunci cînd construcțiile specifice care servesc o anumită folosință fac parte din nodul hidrotehnic frontal (ecluză, scară de pești etc.). În asemenea cazuri, cheltuielile specifice (relațiile de tipul 2) sînt în general mai mari decît cheltuielile speciale (relațiile de tipul 3).

Din cele arătate rezultă că relația de tipul 2, mai simplă, este indicat să se utilizeze în cazurile în care construcțiile specifice diferitelor folosințe nu fac parte din nodul hidrotehnic frontal, folosințele beneficiind numai de debitele regularizate în lacul de acumulare.

În cazul în care, în cadrul nodului hidrotehnic frontal, se găsesc o serie de construcții specifice unor folosințe principale, este indicat să se utilizeze relația de tipul 3.

În ceea ce privește criteriile pentru repartizarea cheltuielilor comune, din analiza celor cinci grupe menționate rezultă că folosirea criteriului de repartizare a cheltuielilor proporțional cu stocul anual de apă sau gradul de utilizare a lacului de acumulare nu este indicată, întrucît metoda nu ține seamă de valoarea diferită a apei pentru diferitele ramuri ale economiei naționale.

Metodele cuprinse în criteriul repartizării cheltuielilor proporțional cu cheltuielile corespunzătoare în alte soluții de înlocuire prezintă, de asemenea, deficiența că nu țin seamă de valoarea diferită a apei. În plus, în general, o dată cu realizarea unei soluții de înlocuire pentru o anumită folosință, se pot satisface simultan și alte folosințe secundare. Din această cauză, metoda este destul de convențională și nu este indicat să fie utilizată.

Criteriul repartizării cheltuielilor ținînd seamă de folosința principală prezintă aceleași lipsuri ca cele menționate la criteriile anterioare, dar se aplică ușor. Din această cauză, metoda are o largă răspîndire.

Mult mai complet este criteriul repartizării cheltuielilor proporțional cu rezultatele economice ale fiecărei folosințe. Dificultățile aplicării acestui criteriu constau în principal în următoarele:

— necesitatea evaluării în perspectivă a diferitelor aspecte, foarte variate, ale producției fiecărei folosințe beneficiare a amenajării complexe;

— stabilirea dinamicii prețurilor pentru fiecare folosință, ceea ce nu se poate face decît global și orientativ;

— pentru determinarea cheltuielilor este necesar să se cunoască tocmai valorile căutate ale părții din cheltuielile totale ale amenajării complexe care revin fiecărei folosințe;

— diferitele folosințe, beneficiare ale amenajării complexe, ating nivelul final de dezvoltare, prevăzut în proiect, la intervale de timp diferite; astfel, spre exemplu, energetica începe să producă încă înainte de terminarea completă a amenajării complexe, în timp ce navigația și irigația pot atinge nivelul prevăzut în proiect la un număr mare de ani după darea lui în exploatare. Din această cauză este necesar să se efectueze calculul fie la mai multe intervale de timp, la care corespund diferite nivele de dezvoltare a folosințelor, fie pe baza unei valori medii pe întreaga perioadă de calcul.

Din cele arătate rezultă că aplicarea metodelor cuprinse în acest criteriu este foarte dificilă și necesită cunoașterea a numeroși factori, care nu pot fi determinați decît cu multă aproximație.

O mare parte a acestor greutăți se elimină prin utilizarea criteriului repartizării proporționale cu cheltuielile necesare în alte soluții care realizează un efect economic similar, în afara cadrului amenajării complexe. La acest criteriu, repartizarea cheltuielilor se face pe baza efectului economic obținut de fiecare folosință, însă eliminînd o serie de elemente necesare în criteriul anterior, greu de determinat. Prin comparația simultană a investițiilor și cheltuielilor anuale, pentru fiecare folosință, în cazul amenajării complexe și în afara acesteia, se elimină necesitatea de a stabili dinamica prețurilor, venitul net ș.a. În plus, investițiile și cheltuielile anuale sînt mult mai stabile în timp decît prețurile. De asemenea, în multe cazuri se poate considera că se asigură același nivel și ritm de dezvoltare a producției atît în cadrul amenajării complexe cît și în afara acesteia.

Dificultățile pe care le ridică aplicarea acestui criteriu constau, în unele cazuri, în găsirea soluțiilor reale de înlocuire a unor folosințe. Aceasta se referă în special la anumite folosințe, ca navigația, alimentări cu apă etc.

În metodica elaborată în U.R.S.S. asupra calculelor tehnico-economice în hidroenergetică, se indică utilizarea relațiilor de tipul 2 și criteriul repartizării cheltuielilor comune proporțional cu cheltuielile în alte soluții echivalente pentru fiecare folosință, în afara cadrului amenajării complexe.

Repartizarea cheltuielilor se face proporțional cu termenul de recuperare a întregii amenajări complexe.

Astfel, spre exemplu, pentru amenajările hidroelectrice de pe Nipru, cota din investițiile totale care a revenit energeticii este dată în tabela 1.

Tabela 1

Denumirea UHE	Puterea instalată, MW	Investiția totală, mil. ruble	Investiția care a revenit energeticii, mil. ruble
Kahovka	350	358	201
Extindere Dneproghes	750	61	49
Dneprodzerjinsk	350	154	55
Kremenciug	625	331	194
Kanev	420	136	59
Kiev (inclusiv uzina cu pompaj)	525	140	90

În S.U.A., în cele mai multe cazuri, se utilizează relațiile de tipul 3, pentru repartizarea restului cheltuielilor folosindu-se criteriul proporționalității cu rezultatele economice aduse de fiecare folosință.

Spre exemplu, repartizarea cheltuielilor pentru amenajările din bazinul Tennessee, realizate pentru energetică, navigație și atenuarea viiturilor, s-a făcut în următoarele proporții :

— energetică 42 %
— navigație 27 %
— atenuarea viiturilor 31 %.

Pentru o serie de uzine hidroelectrice din bazinul fluviului Columbia, cota din investițiile totale care a revenit energeticii este dată în tabela 2.

Tabela 2

Denumirea UHE	Puterea * instalată, MW	Investiția totală, mil. dolari	Investiția care a revenit energeticii, mil. dolari
Grand Coulee	1974	534,9	202,4
McNary *	560 (1400)	304,9	278,5
Dalles *	1092 (1716)	255,4	233,7
Bonneville	522,4	86,7	59,5
Hungry Horse	285	107,6	86,9

* Cifrele din paranteză se referă la puterea finală a UHE.

O deficiență generală a tuturor metodelor analizate constă în aceea că țin seamă numai de investiții și cheltuieli anuale. Pentru a putea soluționa corect problema repartizării cheltuielilor amenajării complexe între folosințele beneficiare, trebuie să se țină seamă de caracteristicile diferitelor folosințe și de influența pe care o are satisfacerea lor în comun, în cadrul amenajării complexe, față de rezolvarea acestora în mod separat.

4. Caracteristicile folosințelor beneficiare ale amenajării complexe

Diferitele folosințe ale apei din cadrul unei amenajări complexe se pot grupa, după caracteristicile lor, în categoriile principale indicate mai jos.

a) *Clasificarea folosințelor după consumul de apă*

Unele folosințe restituie apa utilizată (energetica, navigația etc.), în timp ce altele consumă parțial sau integral apa necesară (irigații, alimentări cu apă etc.).

Din această cauză este rațional, pentru o utilizare cît mai completă a apei, ca folosințele consumatoare de apă să folosească, în măsura posibilităților, apa care a fost deja utilizată de folosințele care o restituie integral.

b) *Clasificarea folosințelor după acumularea necesară*

Pentru satisfacerea fiecărei folosințe în parte, amenajarea complexă ar trebui să aibă, în cazul general, diferite mărimi pentru lacul de acumulare. Din acest punct de vedere, folosințele se pot grupa în modul următor :

— Folosințele pentru a căror satisfacere este necesar un anumit volum de apă, bine determinat, la care nu se pune problema unor avantaje ce s-ar putea obține prin mărirea volumului lacului de acumulare (alimentări cu apă industrială și potabilă etc.).

— Folosințe care necesită o acumulare minimă. Mărirea acestei acumulări conduce în unele cazuri la avantaje tehnico-economice, astfel încît se poate determina o anumită înălțime optimă (în anumite cazuri navigația).

— Folosințe care nu necesită o anumită acumulare, ele putîndu-se subordona altor folosințe (energetica, în anumite cazuri irigațiile etc.). În cazul în care amenajarea se execută pentru satisfacerea în principal a unor asemenea folosințe, se poate determina pentru acestea o mărime optimă pentru acumularea respectivă. În cele mai multe cazuri, o dată cu realizarea unei amenajări pentru satisfacerea unor folosințe care necesită o anumită acumulare (alimentări cu apă etc.), este economic să se utilizeze apa și pentru alte folosințe secundare. Mărirea acumulării poate conduce la îmbunătățirea regimului de exploatare a folosințelor secundare și la creșterea pe ansamblu a eficienței economice a amenajării complexe.

c) *Clasificarea folosințelor după planul de gospodărire a apelor*

Din punctul de vedere al planurilor de gospodărire a apelor, folosințele pot fi împărțite în folosințe cu regim impus de funcționare (alimentări cu apă, irigații, navigație etc.) și folosințe cu regim neimpus (energetica). În exploatarea amenajărilor complexe se dă prioritate în general folosințelor cu regim impus de funcționare.

Planurile de exploatare a apelor necesare diferitelor folosințe sînt în multe cazuri în opoziție. Astfel, irigațiile necesită apă în special în perioada de vegetație a plantelor (vara), în timp ce energetica caută să utilizeze un volum de apă cît mai mare în perioada de sarcină maximă, iarna.

Prin adoptarea unor construcții auxiliare (lacuri compensatoare etc.) se poate îmbunătăți exploatarea folosințelor cu regim neimpus de funcționare.

În general, o dată cu satisfacerea unei folosințe care necesită o acumulare importantă (energetica, irigații), se pot rezolva parțial sau total și problemele puse de alte folosințe.

5. Influența satisfacerii diferitelor folosințe în cadrul amenajării complexe față de rezolvarea acestora în mod separat

Pentru satisfacerea tuturor folosințelor beneficiare, amenajarea complexă necesită în cele mai multe cazuri o acumulare mai mare sau cel puțin egală cu acumularea cea mai mare, optimă sau necesară, pentru o anumită folosință. În plus, pentru satisfacerea regimului debitelor, cerut de diferitele folosințe, planul de exploatare a amenajării complexe asigură în primul rînd folosințele cu regim impus de funcționare (alimentări cu apă, navigație etc.).

Din această cauză, folosințele cu regim neimpus de funcționare (energetica etc.) sînt satisfăcute în măsura posibilităților, suferind anumite pierderi față de regimul lor optim de exploatare, în ipoteza satisfacerii preponderente a acestor folosințe.

Din analiza diferitelor tipuri de relații, s-a arătat, la pct. 3, că este indicată utilizarea relațiilor de tipul 3 sau 2. De aici rezultă că investițiile și cheltuielile anuale ale amenajării complexe se împart în două categorii :

— investiții și cheltuieli anuale specifice sau speciale ale folosințelor respective ;

— investiții și cheltuieli anuale comune sau generale ale tuturor folosințelor.

În cazul satisfacerii în comun, în cadrul amenajării complexe, a mai multor folosințe, pot interveni unele situații diferite față de soluția optimă a unor folosințe. Dintre acestea, principalele aspecte care trebuie luate în considerare sînt :

— Investițiile în construcțiile specifice anumitor folosințe pe care le servesc direct pot să se mărească în urma ridicării cotei lacului amenajării complexe, față de soluția optimă sau necesară, stabilită pentru cazul satisfacerii în principal a acestei folosințe. Spre exemplu, pot apărea cazuri în care, pentru rezolvarea în principal a problemelor puse de navigație, este necesară o înălțime de baraj mai mică decît aceea care a rezultat pentru satisfacerea tuturor folosințelor amenajării complexe studiate. Din această cauză, nu este rațional ca navigația să suporte întregul cost al ecluzei, corespunzător înălțimii barajului din cadrul amenajării complexe. În cazul în care se pune, însă, problema reorganizării transportului fluvial pe un anumit curs de apă, poate fi justificată includerea ecluzei la înălțimea totală care rezultă pentru cazul amenajării complexe.

— Unele folosințe cu regim neimpus de funcționare suferă anumite pierderi în cazul participării lor la amenajarea complexă, față de soluția optimă, în ipoteza realizării amenajării preponderent pentru satisfacerea acestei folosințe. Astfel, spre exemplu, datorită necesității de a furniza un anumit volum de apă pentru irigații și navigație în perioada de vară, se micșorează puterea asigurată a UHE și se modifică distribuția în timp a producției de energie electrică, ceea ce reduce eficiența energetică a acesteia.

— Întrucît, în general, acumularea amenajării complexe este mai mare decît valoarea necesară pentru satisfacerea în principal a unei singure folosințe, parte din dezavantajele care rezultă în urma satisfacerii acestei folosințe în cadrul amenajării complexe se pot reduce. Astfel, mărirea înălțimii barajului peste înălțimea optimă energetică conduce la un plus de putere și energie electrică, iar în cazul navigației — la economii de timp și combustibil la circulația în contra curentului.

Pentru efectuarea corectă a calculelor tehnico-economice, este necesar să se țină seamă de aspectele arătate mai sus, legate de construcția și exploatarea amenajărilor complexe.

6. Metodele propuse pentru repartizarea cheltuielilor totale ale amenajării complexe între diferitele folosințe

Din analiza critică a diferitelor metode de repartizare a cheltuielilor totale ale amenajării complexe între diferitele folosințe rezultă că, din cauza diversității situațiilor de calcul și cerințelor diferitelor folosințe, este greu de stabilit o metodă unică care să poată fi aplicată în toate cazurile.

Metodele aplicate pot diferi după faza de proiectare la care se aplică, fiind mai aproximative în fazele preliminare și precizîndu-se, pe măsura cunoașterii de noi elemente, după mărimea cheltuielilor care trebuie repartizate între diferitele folosințe, posibilitatea de a găsi soluții reale de înlocuire etc.

Din analiza critică a celor trei tipuri de relații utilizate pentru repartizarea cheltuielilor totale ale amenajării complexe între diferitele folosințe a reieșit că cele mai indicate sînt relațiile de tipul 2 și 3, care prevăd trecerea unor cheltuieli specifice sau speciale integral asupra folosințelor pe care le servesc și repartizarea cheltuielilor comune sau generale între folosințele beneficiare ale amenajării complexe.

Dintre relațiile de tipul 2 și 3, relațiile de tipul 3 reușesc să prindă mai bine influența fiecărei folosințe asupra cheltuielilor totale ale amenajării complexe. Astfel, în ipoteza renunțării la deservirea unei anumite folosințe de către amenajarea complexă, investițiile și cheltuielile anuale speciale reușesc să exprime în totalitate influența folosinței asupra cheltuielilor amenajării complexe. Remarcînd, însă, că cheltuielile specifice (relația de tipul 2) și speciale (relația de tipul 3) sînt practic identice în cazul în care construcțiile care servesc o anumită folosință nu fac parte din nodul hidrotehnic frontal, rezultă că în asemenea situații este indiferentă aplicarea relațiilor de tipul 2 sau 3.

Din această cauză, în cazul în care construcțiile care servesc nemijlocit o anumită folosință fac parte din nodul hidrotehnic frontal (ecluze, scări de pești etc), este indicată utilizarea relațiilor de tipul 3. În acest caz se determină cheltuielile speciale ale folosinței $x(I^x_{HS}, C^x_{HS})$, conform relației (5), și cheltuielile generale — prin relația (6).

În cazul în care construcțiile care servesc nemijlocit o anumită folosință nu fac parte din nodul hidrotehnic frontal, este mai comod să se utilizeze relațiile de tipul 2, determinîndu-se cheltuielile specifice folosinței x și cheltuielile comune, conform relației (3).

Pentru repartizarea cheltuielilor generale sau comune, cel mai complet criteriu este cel bazat pe rezultatele economice aduse economiei naționale de fiecare folosință. În acest mod se ține seamă de valoarea diferită a apei pentru fiecare ramură a economiei naționale. Pentru a evita greutățile legate de determinarea directă a efectului economic dat de fiecare folosință, care necesită cunoașterea dinamicii unor elemente greu de determinat, se recomandă să se utilizeze criteriul repartizării cheltuielilor proporțional cu cheltuielile necesare în alte soluții, care realizează un efect economic similar, în afara cadrului amenajării complexe. Acest criteriu prezintă și avantajul că se încadrează în metodica generală a calculelor tehnico-economice în hidroenergetică, permițînd astfel o tratare unitară a tuturor problemelor ridicate de proiectarea și exploatarea amenajărilor hidroelectrice de diferite tipuri.

Pentru a ține seamă de modul cum sînt satisfăcute în comun folosințele beneficiare de către amenajarea complexă, se determină, pentru fiecare folosință a amenajării complexe în parte, soluția optimă în ipoteza realizării amenajării preponderent pentru satisfacerea acesteia.

Pentru soluția optimă a fiecărei folosințe (care se consideră ca folosință principală), se determină economicitatea altor folosințe secundare, care pot fi satisfăcute integral sau parțial de mărimea acumulării și regimul de exploatare a lacului, impus de folosința principală.

Se menționează că în cazul în care, pentru satisfacerea unor folosințe secundare, apare economic să se mărească acumularea peste valoarea care a rezultat ca necesară sau optimă pentru folosința principală, sau să se modifice planul de gospodărire a apelor, aceasta se va face în limite raționale, pentru a fi cît mai mult în concordanță cu situațiile reale. Cheltuielile legate de ridicarea cotei sau pagubele aduse folosinței principale se suportă de folosința pentru care au fost efectuate.

Pentru fiecare soluție analizată, luînd pe rînd folosințele amenajării complexe ca folosințe principale, se determină, pentru cota acumulării optime pentru folosința respectivă, investițiile și cheltuielile anuale specifice sau speciale și cheltuielile corespunzătoare comune sau generale, după tipul de relație (2 sau 3) care a fost găsit ca cel mai indicat a fi utilizat.

Pentru repartizarea cheltuielilor comune sau generale tuturor folosințelor, se utilizează criteriul termenului de recuperare:

$$T_r = \frac{I_1 - I_2}{C_2 - C_1},$$

sau al relațiilor derivate din acesta:

— cheltuieli de calcul anuale:

$$Z_i = C_i + \frac{1}{T_n} I_i;$$

— cheltuieli de calcul totale:

$$Z_{ti} = I_i + T_n C_i.$$

În acest scop, pentru fiecare folosință a amenajării complexe se stabilesc soluțiile posibil a fi realizate în ipoteza neexecutării amenajării complexe, care permit obținerea unui efect analog sau echivalent pentru economia națională, determinîndu-se investițiile și cheltuielile anuale corespunzătoare. În legătură cu aceasta se menționează că pot exista cazuri în care să nu fie posibilă găsirea unei alte soluții raționale și economice în afara amenajării complexe. Aceste situații se vor trata separat în cadrul acestui capitol.

În afară de investițiile și cheltuielile anuale necesare pentru realizarea lucrărilor amenajării complexe propriu-zise, în variantele care se compară se iau în considerare și investițiile și cheltuielile anuale suplimentare, care trebuie efectuate astfel încît să se obțină efectul economic prevăzut pentru fiecare folosință. Spre exemplu, în cazul irigațiilor trebuie să se considere cheltuielile pentru amenajarea suprafeței prevăzute a se iriga, în cazul energeticii — liniile electrice de legătură cu sistemul energetic etc.

În cazul în care termenele de recuperare normate ale diferitelor folosințe diferă între ele, este rațional să nu se utilizeze termenul de recuperare al întregii amenajări complexe, astfel încît să se obțină aceeași eficiență economică pentru fiecare folosință, ci să se ia în calcule termenele de recuperare normate stabilite pentru fiecare ramură a economiei naționale.

Întrucît, în diferite soluții analizate, folosințele cu regim neimpus de funcționare ating, în general, nivele diferite de dezvoltare, toate soluțiile trebuie aduse la echivalență, la nivelul soluției celei mai mari, considerînd că diferența se realizează în alte instalații sau amenajări. De asemenea este necesar să se urmărească, pentru fiecare folosință în parte, același ritm de dezvoltare a producției, atît în cadrul amenajării complexe cît și în soluțiile de înlocuire (în ipoteza nerealizării amenajării complexe).

Aducerea la echivalență a soluțiilor trebuie privită larg, în cadrul unei anumite ramuri, fără să se caute obținerea cu orice preț, pe alte căi, a aceluiași produs. Astfel, spre exemplu, dezvoltarea producției piscicole în cazul unei amenajări complexe nu trebuie comparată cu realizarea strictă a aceleiași producții piscicole, ci se va determina influența acesteia asupra ansamblului ramurii industriei alimentare.

Notațiile utilizate în calcule sînt următoarele:

I_H, C_H — investiții și cheltuieli anuale totale ale amenajării complexe;
I_H^x, C_H^x — investiții și cheltuieli anuale specifice sau speciale care revin unei anumite folosințe (folosința x);
I_H^c, C_H^c — investiții și cheltuieli anuale comune sau generale ale amenajării complexe care trebuie repartizate între diferite folosințe;
I_x^c, C_x^c — cota maximă din investițiile și cheltuielile anuale comune sau generale care poate fi preluată de folosința x;
I_S^x, C_S^x — investiții și cheltuieli anuale suplimentare necesare în cazul amenajării complexe pentru utilizarea apei, astfel încît să se obțină efectul economic prevăzut pentru folosința x;
I_A^x, C_A^x — investiții și cheltuieli anuale totale pentru folosința x, în cazul soluției alternative optime posibile, în ipoteza că nu se realizează amenajarea complexă (inclusiv cheltuielile legate de utilizarea apei);
I_x, C_x — investițiile și cheltuielile anuale care revin folosinței x din cheltuielile totale ale amenajării complexe;
t_x — termenul de recuperare normat al folosinței x;
ΔI_a^x, ΔC_a^x — plusul de investiții și cheltuieli anuale pe care le poate suporta folosința x, în urma trecerii de la soluția optimă pentru folosința x la amenajarea complexă;
ΔI_p^x, ΔC_p^x — investiții și cheltuieli anuale pe care nu le poate suporta folosința x, în urma trecerii de la soluția optimă pentru folosința x la amenajarea complexă.

Pe baza celor arătate și ținînd seamă de notațiile indicate, cota maximă a investițiilor și cheltuielilor anuale comune (I_x^c, C_x^c) care pot fi suportate în limite economice de fiecare folosință se determină pe baza relației cheltuielilor totale de calcul, care este mai ușor de aplicat. Relația de calcul este:

$$I_H^x + I_S^x + I_x^c + t_x \left[C_H^x + C_S^x + C_x^c\right] = I_A^x + t_x C_A^x. \quad (7)$$

În această relație sînt două necunoscute, I_x^c și C_x^c. Rezolvarea ei se poate face prin una dintre următoarele metode:

— În cazul în care folosința principală are o pondere însemnată, iar valoarea C_H^c este relativ mică, cheltuielile anuale comune ale amenajării complexe (C_H^c) sînt preluate de folosința principală, celelalte folosințe suportînd numai cheltuielile specifice sau speciale care le revin. Această metodă este comodă în practică, deoarece ea permite, după ce s-a determinat cota de participare a fiecărei folosințe la investițiile necesare pentru realizarea amenajării complexe, să se lase pe seama tuturor beneficiarilor complexului (în afară de cel principal) numai cheltuielile anuale legate de exploatarea construcțiilor aferente ramurii respective.

În acest caz, cheltuielile maxime admisibile, din punct de vedere economic, pe care le pot suporta folosințele amenajării complexe din cheltuielile comune sau generale ale amenajării complexe în afară de folosința principală sînt :

$$I^c_{x\,max} = I^x_A - I^x_H - I^x_S + t_x\,[C^x_A - C^x_H - C^x_S] \quad (8)$$

$$C^c_{x\,max} = C^x_H.$$

Pentru folosința principală (x_0), cota maximă din investiția și cheltuielile anuale ale amenajării complexe care pot fi suportate de aceasta ($I^c_{x0\,max}$, $C^c_{x0\,max}$) sînt :

$$I^c_{x0\,max} = I^{x0}_A - I^{x0}_H - I^{x0}_S + t_x\,[C^{x0}_A - C^{x0}_H - C^{x0}_S - C^c_H]$$

$$C^c_{x0} = C^{x0}_H + C^c_H.$$

Întrucît, în general, suma investițiilor și cheltuielilor anuale comune ale diferitelor folosințe rezultă mai mare decît cheltuielile corespunzătoare ale amenajării complexe, acestea se reduc proporțional, astfel ca suma lor să fie egală cu cheltuielile comune ale amenajării complexe. Cheltuielile totale care revin unei anumite folosințe se compun din cheltuielile specifice sau speciale folosinței respective, la care se adaugă cota din cheltuielile comune care le revine.

— În alte cazuri se poate considera că fiecare folosință preia o aceeași cotă din investițiile și cheltuielile anuale, comune sau generale, adică :

$$I^c_x = \rho_x \cdot I^c_H$$

$$C^c_x = \rho_x \cdot C^c_H.$$

Înlocuind aceste relații în (7), unica necunoscută este ρ_x, care poate fi determinată ușor :

$$\rho_x = \frac{I^w_A - I^x_H - I^x_S + t_x\left[C^x_A - C^x_H - C^x_S\right]}{I^c_H + t_x\,C^c_H}. \quad (9)$$

Suma coeficienților ρ_x este în multe cazuri supraunitară :

$$\sum_{x=1}^{n} \rho_x = A > 1.$$

Din această cauză, fiecare coeficient se reduce în raportul $\frac{1}{A}$, astfel că :

$$\rho'_x = \frac{\rho_x}{A},$$

În acest mod se determină investițiile și cheltuielile anuale care revin fiecărei folosințe :

$$I_x = I^x_H + \rho'_x\,I^c_H; \qquad (10)$$
$$C_x = C^x_H + \rho'_x\,C^c_H.$$

Se menționează că în relațiile (7)—(10) soluțiile care se compară sînt aduse la echivalență, atît în ceea ce privește profilul final cît și etapele intermediare de dezvoltare, iar investițiile sînt raportate la anul intrării în funcțiune, pentru a ține seamă de repartizarea inegală pe ani a investițiilor în cele două soluții și de efectul economic al blocării acestora. În cazul în care, în soluțiile care se compară, nu se poate asigura aceeași ritmicitate de dezvoltare, se ia în considerare efectul economic al dărilor în exploatare parțiale.

Din aceste calcule, care se fac pentru soluția optimă a fiecărei folosințe a amenajării complexe, vor rezulta valori diferite ale investițiilor și cheltuielilor anuale I_x, C_x, pentru fiecare caz în care acestea participă ca folosințe secundare la diferite cote analizate ale lacului de acumulare. În general, valoarea minimă sau cea mai economică trebuie să rezulte pentru soluția optimă a fiecărei folosințe.

Din această cauză, pentru fiecare folosință se aleg numai valorile investițiilor și cheltuielilor anuale I_{x0}, C_{x0}, corespunzătoare soluției optime pentru fiecare folosință în parte.

Rezultatele obținute de fiecare folosință în soluția optimă se compară cu rezultatele acestora în cadrul amenajării complexe, la cota studiată. Folosințele cu regim impus de funcționare nu suferă nici o modificare a efectelor pe care le realizează în cadrul amenajării studiate față de soluția optimă pentru acestea. În schimb, folosințele cu regim neimpus de funcționare pot suferi unele pierderi față de soluția lor optimă, din cauza modificării planului de exploatare în vederea satisfacerii diverselor folosințe ale amenajării complexe. În cazul ridicării cotei acumulării la o valoare mai ridicată decît cota optimă pentru folosința respectivă, pot apărea unele avantaje suplimentare.

Ținînd seamă de cele arătate, calculele se conduc în continuare în modul următor :

— folosințele cu regim impus de funcționare se includ în amenajarea complexă studiată, cu valorile investițiilor și cheltuielilor anuale corespunzătoare soluției optime pentru folosința respectivă (I_{x0}, C_{x0});

— la folosințele cu regim neimpus de funcționare, se ține seamă de pierderile care rezultă în urma modificării planului lor de exploatare și care necesită anumite investiții și cheltuieli anuale suplimentare (ΔI^x_p, ΔC^x_p) pentru economia națională pentru aducerea la echivalență față de soluția optimă a folosinței respective ; în cazul în care cota acumulării amenajării studiate este mai mare decît în soluția optimă a folosinței respective, se ține seamă de avantajele economice pe care le aduce aceasta economiei naționale, atît ca investiții cît și ca cheltuieli anuale (ΔI^x_a, ΔC^x_a). Pe această bază, investițiile și cheltuielile anuale ale folosințelor cu regim neimpus de funcționare ($I_x^{(n)}$, $C_x^{(n)}$), cu care acestea se includ în cheltuielile amenajării complexe, sînt :

$$I_x^{(n)} = I_{x0} - \Delta I_p^x + \Delta I_a^x ;$$

$$C_x^{(n)} = C_{x0} - \Delta C_p^x + \Delta C_a^x .$$

Făcînd suma tuturor investițiilor și cheltuielilor anuale ale diferitelor folosințe, stabilite conform celor indicate mai sus, va rezulta în general o valoare mai mare decît cea corespunzătoare cheltuielilor totale ale amenajării complexe. Valorile care revin diferitelor folosințe vor trebui, din această cauză, reduse proporțional, astfel ca suma lor să corespundă investițiilor și cheltuielilor anuale ale amenajării complexe, rezultînd pentru fiecare valorile I_{xf}, C_{xf}.

În cazul în care suma investițiilor și cheltuielilor anuale ale diferitelor folosințe ale amenajării complexe rezultă mai mică decît cheltuielile totale ale amenajării complexe, înseamnă fie că repartiția apei între folosințe nu este cea mai indicată, fie că mărimea acumulării nu corespunde valorii optime.

Pe baza valorilor astfel stabilite se poate determina termenul de recuperare a fiecărei folosințe, în cazul satisfacerii acesteia în cadrul amenajării complexe, față de soluția alternativă echivalentă, pe baza relației :

$$t = \frac{I_{xf} + I_S^x - I_A^x}{C_A^x - C_{xf} - C_S^x} .$$

Soluția este economică în cazul în care termenul de recuperare t este mai mic decît termenul normat t_x al ramurii economiei naționale căreia îi aparține folosința x.

7. Cazuri particulare ale metodei generale de calcul propuse pentru repartizarea cheltuielilor amenajării complexe între diferitele folosințe beneficiare

După cum a rezultat din cele arătate, metoda de calcul propusă este laborioasă, necesitînd examinarea unui mare număr de variante. Calculele se simplifică însă, întrucît se pot utiliza datele stabilite în calculele tehnico-economice anterioare, în vederea determinării parametrilor principali ai amenajării complexe. Pe lîngă acestea, mai apar o serie de situații în care se pot face simplificări.

a) În anumite cazuri este greu de găsit o soluție rațională pentru anumite folosințe în afara amenajării complexe (alimentări cu apă, navigație etc.). În asemenea situații, investițiile și cheltuielile anuale ale soluției alternative de înlocuire se determină pe bază de indici comparativi, care țin seamă de alte lucrări similare efectuate, sau pe bază de indici maximi normați, determinați prin calcule tehnico-economice pentru folosința respectivă. Pe baza valorilor investițiilor și cheltuielilor anuale astfel determinate, calculele se conduc în continuare, așa cum se arată în cap. 6.

b) Pentru folosințele cu regim impus de funcționare care nu dispun de construcții specifice lor și care beneficiază numai de regularizarea debitelor în lacul de acumulare, cota de investiții și cheltuieli anuale maxime pe care o pot suporta în limite economice este dată de relația (9), care în această situație devine :

$$\rho_x = \frac{I_A^x - I_S^x + t_x[C_A^x - C_S^x]}{I_H^c + t_x C_H^c} .$$

Întrucît rezultatele economice ale folosințelor cu regim impus de funcționare nu variază cu cota acumulării, I_A^x, C_A^x, I_S^x și C_S^x sînt constante, iar în majoritatea cazurilor C_H^c reprezintă un procent din I_H^c, care variază în limite mici cu cota lacului de acumulare. Pentru acest tip de folosințe nu este necesar să se determine soluția optimă, calculele putîndu-se efectua pentru cota amenajării complexe studiate.

Astfel, dacă se consideră că $C_H^c = \alpha I_H^c$, indiferent de cota lacului amenajării complexe, partea maximă de investiții care revine folosinței x este :

$$I_x = \frac{I_A^x - I_S^x + t_x[C_A^x - C_S^x]}{1 + \alpha t_x} ,$$

iar cheltuielile anuale corespunzătoare :

$$C_x = \frac{I_A^x - I_S^x + t_x[C_A^x - C_S^x]}{1 + \alpha t_x} \cdot \alpha .$$

Întrucît majoritatea amenajărilor complexe dispun de un anumit număr de astfel de folosințe, calculele se simplifică substanțial.

În cazul în care ponderea cheltuielilor anuale comune sau generale (C_H^c) din investițiile corespunzătoare variază cu cota acumulării, această simplificare nu se poate efectua, calculele decurgînd conform metodei generale.

c) Pentru calcule orientative, în faze preliminare, se recomandă utilizarea unei metode simplificate care ține seamă de folosința principală. Astfel, folosința principală preia toate investițiile și cheltuielile anuale comune sau generale, celorlalte folosințe secundare revenindu-le numai cheltuielile speciale sau generale. Pentru folosința principală, termenul de recuperare calculat pe această bază va reprezenta o limită maximă, care se va reduce ulterior la efectuarea calculelor detaliate indicate.

Concluzii

Complexitatea deosebită a problemelor pe care le ridică repartizarea cheltuielilor amenajării complexe între folosințele beneficiare și diversitatea situațiilor de calcul au făcut ca pînă în prezent să existe numeroase metode utilizate și propuse.

Pe baza sistematizării acestor relații și analizei lor critice, se stabilesc tipurile de relații și criteriile cele mai indicate a fi utilizate în diferite cazuri, ținînd seamă de caracteristicile diferitelor folosințe și de influența pe care o are satisfacerea lor în comun, în cadrul amenajării complexe.

Ținînd seamă de cele arătate, se prezintă metodele propuse de repartizare a cheltuielilor amenajării complexe între folosințele beneficiare, în cele două cazuri caracteristice :

— amenajări care dispun de construcții specifice anumitor folosințe în nodul hidrotehnic frontal (cazul amenajărilor fluviale) ;

— amenajări care nu dispun de asemenea construcții (cazul amenajărilor pe rîurile interioare).

De asemenea se indică și unele situații care simplifică calculele recomandate.

Metodele indicate urmează a fi detaliate în diferite situații de calcul caracteristice țării noastre.

Bibliografie

[1] Svanidze, G. G. și Jghenti, L. N. *Raspredelenie kapitalovlojenii i ejegodnih izderjek mejdu uceastnikami vodohozeaistvenogo kompleksa.*

[2] Neguș, I. și Goldenberg, C. *Criterii și o formulă generală de calcul pentru stabilirea soluțiilor optime din punct de vedere tehnico-economic, în cadrul ramurii energetice.* Energhetika nr. 9/1960.

[3] Kuznețov, D. A. *Ispolzovanie ghidroresursov Dnepra.* Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 11/1962.

[4] Energohozeaistvo za rubejom, nr. 2/1962.

[5] * * * *Metodika opredeleniia ekonomiceskoi efektivnost ghidroelektrostanții.* MSE, GEI — 1961.

Turbine cu abur în centrale atomoelectrice (CAE)

Ing. *MIRCEA CÎRDU*

În energetica actuală, în centralele termoelectrice echipate cu turbine cu abur se folosește aproape exclusiv abur supraîncălzit.

Tipul și caracteristicile turbinelor cu abur din centralele atomoelectrice sînt legate de condițiile în care se produce aburul în instalația nucleară : reactorul nuclear sau schimbătorul de căldură. Temperaturile de lucru care se realizează în reactoarele nucleare energetice nu permit obținerea de abur supraîncălzit, decît în cazul reactoarelor răcite cu metal lichid sau cu gaz, sau atunci cînd supraîncălzirea se face cu ajutorul unui combustibil clasic. La turbinele care lucrează cu abur saturat, acesta devine umed chiar în primele trepte și trebuie luate măsuri pentru eliminarea apei, fie prin introducerea unor separatoare de apă pe parcursul destinderii aburului, fie printr-o încălzire intermediară.

La turbinele alimentate cu abur produs în reactoare fierbătoare, trebuie luate măsuri speciale de etanșare a instalației, deoarece există pericolul de infectare radioactivă a centralei. Aceste condiții imprimă o serie de particularități ale caracteristicilor și construcției turbinelor din CAE, care vor fi analizate în cele ce urmează.

Parametrii aburului proaspăt

În energetica nucleară nu au fost încă rezolvate problemele legate de admiterea unor temperaturi de lucru ridicate în zona activă, și din această cauză, în construcțiile de reactoare nucleare industriale actuale, nu se poate vorbi de temperaturi ale aburului mai mari de 500°C.* Reactoarele nucleare cu elemente active ceramice sau reactoarele gazoase la care se pot obține temperaturi de ordinul miilor de grade se găsesc încă în stadiul de studiu și experimentare. În consecință, în CAE construite pînă în prezent și echipate cu reactoare cu apă sub presiune sau reactoare fierbătoare, aburul are temperaturi pînă la 250—300°C (abur saturat), iar în CAE echipate cu reactoare răcite cu metal lichid sau gaz, precum și la construcții speciale, ca de exemplu CAE Beloiarsk (U.R.S.S.), temperaturi pînă la 510°C (abur supraîncălzit).

Folosirea aburului saturat uscat prezintă dezavantajul că devine umed în timpul destinderii în turbină și randamentul acesteia scade în urma schimbării unghiurilor de scurgere a aburului, eroziunea paletelor devenind totodată foarte pronunțată. Se consideră că o umiditate de 12% reprezintă limita maximă pentru ca durata de funcționare a paletelor respective să nu scadă sub 10 ani. Această valoare este mult depășită în cazul turbinelor în care se folosește abur saturat. Ea poate ajunge la 18—21%, la ieșirea din ultima treaptă. Aplicarea uneia dintre metodele de eliminare a umidității din abur (separatoare de apă sau încălzirea intermediară) se face în funcție de caracteristicile instalației termice, în urma unui studiu din care se pot trage concluzii asupra soluției optime. În general, pentru turbinele cu condensație care folosesc abur saturat, rezultă următoarele concluzii :

a) dacă se admite în ultima treaptă a turbinei o umiditate maximă de 12%, aburul trebuie uscat o dată sau de două ori în timpul expansiunii sale ;

b) în majoritatea cazurilor se recomandă mai de grabă folosirea separatoarelor de apă decît a încălzirilor intermediare, care devin rentabile numai la o supraîncălzire a aburului cu cel puțin 60 grd ;

---

* Temperatura primei transformări de fază a uraniului metalic este de 665°C, iar temperatura de topire 1 100—1 150°C.

c) cînd în instalație se introduce un singur separator, cel mai bun loc de montare a acestuia este după o treaptă în care presiunea aburului este de circa 80—90% din cea inițială;

d) în cazul folosirii mai multor separatoare de apă, cel mai bun randament termic se obține dacă aburul intră în toate separatoarele cu aceeași umiditate.

Din punctul de vedere al parametrilor aburului proaspăt, turbinele cu abur actuale din majoritatea CAE se caracterizează prin prezența unei instalații de eliminare a umidității aburului, pe parcursul destinderii sale.

Puterea turbinelor

Funcționarea reactoarelor nucleare energetice nu se pretează la manevre de porniri, opriri sau variații de sarcină rapide, și din această cauză CAE se construiesc ca unități de bază în sistemul energetic al unei țări. În acest caz sînt rentabile unități de puteri mari și foarte mari. În ceea ce privește rentabilitatea folosirii reactoarelor nucleare de puteri mari, sînt concludente atît graficul din figura 1 cît și datele din tabela 1. Din tabelă rezultă că la tipuri asemănătoare de reactoare (PWR*) costul specific al investițiilor și costul specific al energiei electrice produse sînt cu atît mai mici cu cît puterea reactorului respectiv este mai mare. Din această cauză, la CAE actuale (cu excepția celor experimentale) se întîlnesc turbine cu abur de puteri între 70 MW și 250 MW cu condensație, fără prize de abur industriale sau pentru termoficare.

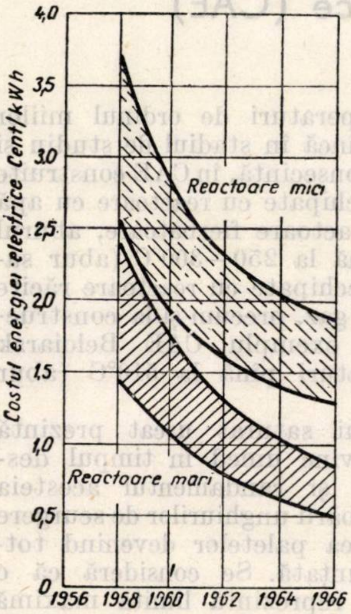


Fig. 1. Costul energiei electrice produse în CAE.

Tabela 1

Costul energiei electrice produse în CAE, pentru diferite puteri instalate

Moderator	Agent termic	Puterea electrică, MW	Investiții specifice, dolari/kW	Costul energiei electrice, dolari/kWh	Tipul reactorului
H_2O	H_2O	62,5	1 420	0,15—0,17	PWR
H_2O	H_2O	110	250	0,10	PWR
H_2O	H_2O	273	236	0,09	PWR

În ultimul timp se întîlnesc tot mai des studii care tratează utilitatea economică a CAE de termoficare. Din studiul unui autor sovietic [7] rezultă că pentru anumite puteri și condiții de utilizare și transport al căldurii, CAE de termoficare devin rentabile, avîndu-se în vedere randamentul care poate atinge 80%, în raport cu 35—40%, cît se obține la centralele termoelectrice echipate cu turbine cu condensație pură. CAE de termoficare ar fi avantajoase și pentru faptul că variația de sarcină termică poate fi compensată printr-o variație corespunzătoare a sarcinii electrice, astfel încît încărcarea reactorului să rămînă constantă.

În țările care în prezent sînt nevoite să importe combustibil în vederea termoficării industriei sau a orașelor, acest tip de CAE va putea avea o răspîndire largă.

Din cele două particularități ale turbinelor din CAE actuale — parametrii scăzuți ai aburului și puterea unitară mare a turbinelor — rezultă implicit faptul că turbinele se caracterizează printr-un consum mare de abur, care poate ajunge pînă la valori de 950—1 000 t/h. Toate acestea determină particularități care vor fi analizate în continuare.

Tipul turbinelor

Turbinele cu abur din CAE, avînd debite de abur mari, sînt în majoritatea cazurilor cu reacție pură sau mixte, în care un număr de trepte cu reacție din partea de înaltă presiune este înlocuit cu o treaptă de reglare cu acțiune. Această ultimă construcție prezintă și avantajul că treapta cu acțiune preia o cădere termică mare (40—60 kcal/kg), și deci diferența de presiune între această parte a turbinei și atmosferă este mai scăzută, etanșarea de capăt realizîndu-se mai ușor.

Particularități de construcție

În construcția instalațiilor de turbine cu abur din CAE se observă amprenta caracteristicilor specifice acestora, analizate mai sus. Faptul că aburul folosit la cele mai multe CAE construite pînă în prezent este saturat atrage după sine necesitatea prevederii instalațiilor de turbine cu unul sau mai multe separatoare de apă (mai rar sistem de încălzire a aburului între diferite trepte ale turbinei). Cele mai răspîndite tipuri de separatoare sînt cele centrifugale și cele inerțiale.

Debitele mari de abur conduc la alegerea unor lungimi de palete mari la ultimele trepte ale turbinelor. Avînd în vedere acest lucru, care determină existența unor solicitări mecanice mari, precum și umiditatea ridicată a aburului, trebuie prevăzute măsuri speciale pentru împiedicarea erodării și corodării paletelor. Astfel, la viteze periferice peste 275 m/s, se prevede blindarea paletelor pe muchia de intrare cu aliaj dur.

---

* — reactor cu apă sub presiune (pressured water reactor).

Desigur că debitul mare de abur impune în general secțiuni de scurgere mari, ceea ce conduce la construcții voluminoase, atît în ceea ce privește turbina propriu-zisă, cît și conductele și armăturile din instalație.

La turbinele alimentate cu abur produs într-un reactor fierbător se impune luarea unor măsuri speciale de etanșare a întregii instalații, pentru motivul că aburul este radioactiv. Dintre măsurile de etanșare a instalației se amintesc ventilele și compensatoarele de dilatare pe conducte, cu burduf, de genul celor prezentate în figurile 2 și 3.

La ventilul din figura 2, burduful metalic este sudat de tijă și de capacul acestuia, astfel încît se asigură o etanșeitate perfectă, manevrarea putîndu-se executa în mod normal.

Compensatorul de dilatare din figura 3 are prevăzută posibilitatea glisării libere a unei conducte în raport cu cealaltă. O primă etanșare se realizează cu ajutorul segmenților speciali *2*. Cu ajutorul burdufului *3* se realizează o etanșare perfectă a compensatorului în raport cu exteriorul. Cantitatea mică de abur radioactiv scăpată pe lîngă segmenții *2* este colectată prin conducta 4.

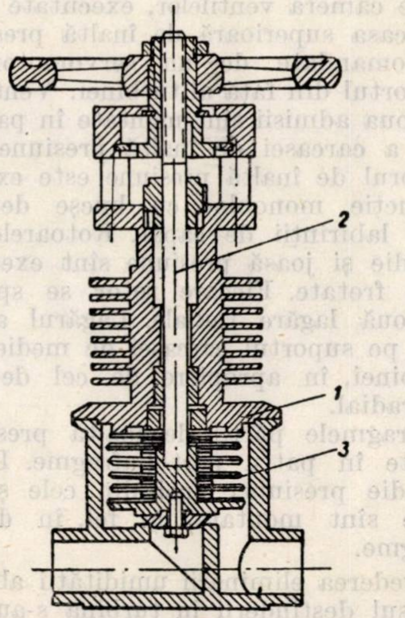


Fig. 2. Ventil etanș cu burduf:
1—corpul ventilului; *2*—tija ventilului; *3*—burduf.

Turbinele care funcționează cu abur radioactiv produs în reactoare fierbătoare sînt prevăzute cu etanșări de capăt speciale, care nu permit scăparea în exterior a unei cantități cît de mici de abur.

În figura 4 este reprezentat labirintul de înaltă presiune al unei astfel de turbine cu puterea de 4,5 MW, construită pentru o CAE experimentală, de mică putere*.

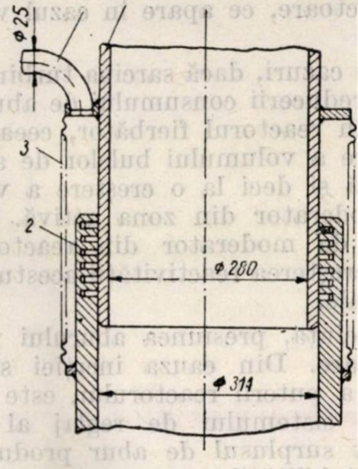


Fig. 3. Compensator de dilatare etanș:
1—conducte; *2*—segmenți de etanșare; *3*—burduf; *4*—țeavă pentru drenaj.

Se observă că în corpul labirintului din figura 4 se găsesc patru camere, cu ajutorul cărora se realizează o etanșeitate perfectă față de atmosferă, în modul descris mai jos.

Aburul scăpat din turbină prin prima serie de labirinți este captat în camera *1* și condus spre o treaptă a turbinei cu presiunea mai mică decît cea din camera *1*. În camera *2* se introduce abur cu presiune ridicată, din care o parte pătrunde în camera *1*, prin labirinții dintre camerele *1* și *2*, iar o parte pătrunde în camera *3*, în care se găsește o depresiune de —150 mm H_2O. Pe de altă parte, în camera *3* pătrunde aer cald din camera *4*, în care acesta este introdus la o presiune de +150 mm H_2O. Amestecul de abur și aer din camera *3* este extras cu ajutorul unei instalații de vid.

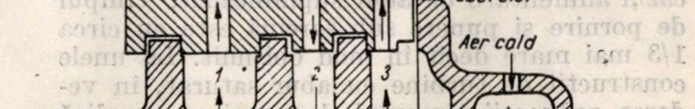


Fig. 4. Labirint etanș pentru o turbină alimentată cu abur produs într-un reactor fierbător.

---

* Parametrii aburului proaspăt sînt: 42 ata, 253°C.

Tot la turbinele alimentate cu abur din reactoare fierbătoare trebuie prevăzut un sistem foarte sensibil de reglare a aburului, care să compenseze instabilitatea de funcționare a acestor reactoare, ce apare în cazul variațiilor de sarcină.

În aceste cazuri, dacă sarcina turbinei scade, din cauza reducerii consumului de abur, crește presiunea în reactorul fierbător, ceea ce duce la o scădere a volumului bulelor de abur care se formează și deci la o creștere a volumului de apă moderator din zona activă. Creșterea volumului de moderator din reactor atrage după sine creșterea reactivității acestuia și deci a puterii sale.

În consecință, presiunea aburului va crește în continuare. Din cauza inerției sistemului de reglare a puterii reactorului, este necesară construirea sistemului de reglaj al turbinei astfel, încît surplusul de abur produs ca urmare a instabilității reactorului să fie condus printr-un by-pass direct în condensator.

Cu un astfel de sistem de reglaj este echipată turbina de la CAE Dresden, care va fi descrisă mai amănunțit în cele ce urmează.

Turbinele din CAE, care funcționează cu abur supraîncălzit, nu prezintă deosebiri esențiale față de cele instalate în centralele termoelectrice clasice.

Probleme specifice de exploatare

Cu referire numai la exploatarea turbinelor din CAE, se poate afirma că din acest punct de vedere nu se pun probleme cu totul speciale. La instalațiile de turbine care funcționează cu abur saturat se iau măsuri serioase în vederea obținerii apei de alimentare a generatorului de abur cu un conținut cît se poate de mic de oxigen, pentru a se reduce procesele de coroziune, care sînt mai active, datorită umidității ridicate a aburului.

Manevrele de pornire și punere sub sarcină la aceste turbine durează mai mult decît în cazul alimentării cu abur supraîncălzit. Timpul de pornire și punere sub sarcină este cu circa 1/3 mai mare decît în mod obișnuit. La unele construcții de turbine cu abur saturat, în vederea reducerii timpului de pornire, se aplică preîncălzirea flanșelor carcaselor cu abur proaspăt.

La turbinele care funcționează cu abur radioactiv, modul de exploatare este efectuat de construcțiile speciale, prevăzute în vederea obținerii unei etanșeități perfecte a instalației.

Turbine cu abur în CAE existente

CAE Dresden (*S.U.A.*)

Turbina are o putere de 192 000 kW, la turația de 1800 rot/min, și antrenează un turbogenerator de 245 000 kVA, răcit cu hidrogen. Turbina este construită cu trei corpuri pe un ax. Ea este alimentată cu abur la două presiuni : la intrarea în corpul de înaltă presiune, aburul are parametrii 67,5 ata și 282°C, iar la intrare după treapta a opta parametrii aburului sînt 32,2 ata și 238,5°C. Presiunea în condensator este de 0,086% ata.

Turbina este de tipul cu acțiune, avînd partea de înaltă presiune dispusă cu scurgerea aburului în sens invers sensului de scurgere prin partea de medie presiune. Partea de joasă presiune este în construcție cu flux dublu. Această construcție a fost adoptată în scopul anulării împingerilor axiale pe rotor, care ar apărea datorită gradului de reacție care se face simțit și în cazul treptelor cu acțiune. Aburul admis în partea de înaltă presiune a turbinei, care are 15 trepte, este destins pînă la presiunea de 12,6 ata și după aceea condus prin două conducte în partea de medie presiune, unde este destins de-a lungul celor șapte trepte pînă la presiunea de 0,8 ata. În continuare, aburul trece printr-o conductă cu secțiune dreptunghiulară în partea de joasă presiune a turbinei, care are două sensuri de scurgere a cîte trei trepte. Cele două evacuări ale aburului se unesc într-un singur condensator. Reglarea debitului de abur prin turbină se face prin laminare, cu ajutorul a patru ventile de admisie a aburului cu presiune de 67,5 ata și patru ventile pentru aburul de 32,2 ata. Primele patru ventile sînt montate pe camera ventilelor, executate împreună cu carcasa superioară de înaltă presiune. Ele sînt comandate de un servomotor, montat pe suportul din față al turbinei. Ventilele celei de-a doua admisii sînt montate în partea inferioară a carcasei de înaltă presiune.

Rotorul de înaltă presiune este executat în construcție monobloc, cu bucșe demontabile pentru labirinții de capăt. Rotoarele părților de medie și joasă presiune sînt executate cu discuri fretate. Fiecare rotor se sprijină pe cîte două lagăre radiale. Lagărul axial este așezat pe suportul carcasei de medie presiune a turbinei, în apropiere de cel de-al treilea lagăr radial.

Diafragmele părții de înaltă presiune sînt montate în patru port-diafragme. La partea de medie presiune, cinci din cele șapte diafragme sînt montate, la fel, în două port-diafragme.

În vederea eliminării umidității aburului pe parcursul destinderii în turbină s-au luat următoarele măsuri :

— construcția specială a paletelor rotorului la anumite trepte;

— introducerea unui separator de apă între părțile de medie și de joasă presiune.

În figura 5 este reprezentat, în diagrama $i - s$, procesul de destindere a aburului prin turbină.

Linia întreruptă reprezintă procesul de destindere pentru cazul cînd nu ar fi fost luate măsuri de eliminare a umidității aburului. În acest caz, la evacuarea din turbină, aburul ar fi avut o umiditate inadmisibil de mare (24%). Linia frîntă groasă reprezintă procesul real de destindere în condiții de eliminare a umidității aburului. Cifrele de pe această linie reprezintă numărul treptei la care s-au prevăzut palete speciale în scopul îndepărtării apei din abur. După treapta *22* se observă o importantă scădere a umidității (de la 12% la circa 5%), realizată cu ajutorul separatorului de apă.

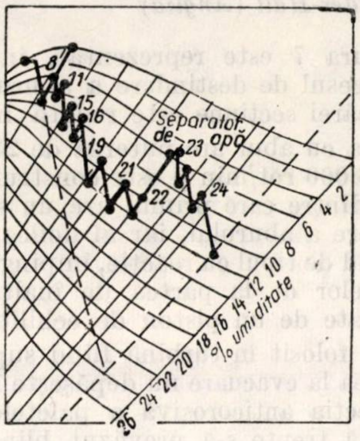


Fig. 5. Procesul de destindere a aburului în turbina CAE Dresden, reprezentat în diagrama *i—s*.

În figura 6 sînt reprezentate paletele construite special pentru eliminarea umidității.

Pe extradosul acestor palete, în apropiere de muchia de intrare, sînt frezate cîteva canale, care rețin o parte din picăturile de apă din abur. Apa depozitată în aceste canale este aruncată sub acțiunea forței centrifuge la periferia diafragmei respective, de unde este drenată.

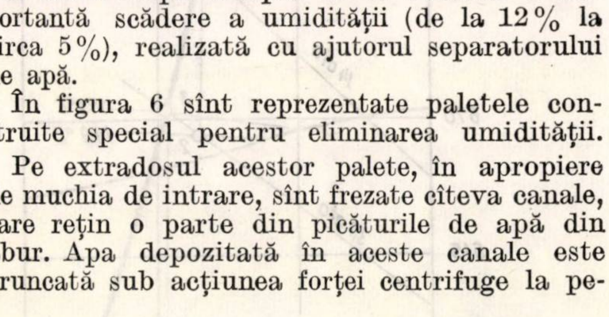


Fig. 6. Palete prevăzute cu canale pentru eliminarea umidității.

Separatorul de apă, montat pe carcasa turbinei, se compune dintr-un număr de table ondulate, din oțel incorodabil, dispuse paralel în direcție verticală și fixate în doi pereți orizontali, dintre care cel inferior este perforat. Aburul evacuat din partea de medie presiune a turbinei trece prin canalele dintre tablele ondulate, perpendicular pe direcția ondulațiilor. Datorită repetatelor schimbări de direcție a aburului, picăturile de apă conținute în el se depun pe tablele ondulate. Apa este colectată în camera inferioară de drenaj a separatorului și condusă după treapta *23*, într-o priză regenerativă.

Materialele folosite în construcția turbinei sînt în general cele întîlnite în mod obișnuit la astfel de mașini. Cercetările de laborator au demonstrat că radioactivitatea scăzută a aburului folosit la această turbină nu impune folosirea unor aliaje speciale. Tot cercetările experimentale au dus la concluzia că cel mai important element care trebuie avut în vedere la alegerea materialelor de construcție pentru turbină este eroziunea. Acțiunea corosivă a aburului umed cu conținut ridicat de oxigen (circa 0,1 mg/l) nu este în realitate așa de periculoasă cum s-ar părea. Ea devine importantă în cazul bronzurilor și al aliajelor Cu-Ni.

În tabela 2 se dau materialele folosite la fabricarea celor mai importante elemente ale turbinei.

Tabela 2

Materiale folosite în construcția turbinei CAE Dresden

Piesa	Materialul folosit	Modul de execuție
Carcasele		
— înaltă presiune	oțel aliat cu 2,5% Cr și 1% Mo	turnare
— medie presiune	oțel carbon	turnare
— joasă presiune	oțel carbon	sudură
Arborii (inclusiv cel de la joasă presiune)	oțel aliat cu 2% Ni și 0,5% Mo	forjare
Diafragmele		
— înaltă presiune	oțel aliat cu 12% Cr (sau 2,25% Cr) și 1%Mo	sudură
— medie presiune	oțel aliat cu 12% Cr (2% Cr) sau oțel cu Ni	sudură și turnare
— joasă presiune	fontă	turnare
Paletele	material obișnuit	
Labirinții :		
— partea de pe stator	oțel aliat cu 12% Cr	turnare
— partea de pe rotor	oțel aliat cu 12% Cr	forjare
Conductele	oțel carbon	
Ventilele de admisie		
— de la prima admisie	oțel aliat cu 2,25 Cr și 1% Mo	
— de la a doua admisie	oțel carbon	
Discurile		
— de la treptele *16, 17, 18, 22, 23*	oțel aliat cu 1% Cr și 0,5% Mo	forjare
— de la treptele *19, 20, 21*	oțel aliat cu 3% Cr și 0,5% Mo	forjare
— de la treptele *24, 25*	oțel aliat cu 1,75% Ni; 1,25% Cr; 0,5% Mo și 1% V	forjare

Sistemul de reglaj al turbinei este astfel conceput, încît realizează variația debitului de abur în funcție de sarcina turbinei, fără a fi necesară modificarea regimului de funcționare a reactorului nuclear, așa cum s-a arătat anterior. Într-o anumită poziție a barelor de reglare a reactorului, sistemul de reglare a turbinei poate schimba sarcina acesteia pînă la 43 %, prin varierea debitului de abur admis după treapta *8*, de la 0 la 100 %. Fiecare traseu de abur este prevăzut cu cîte două ventile rapide, dispuse înaintea ventilelor de reglare a debitului. Cele două ventile rapide de la admisia principală sînt legate și direct cu condensatorul, prin intermediul unor ventile de ocolire, care au rolul de a conduce excedentul de abur în condensator. Aceste ventile se folosesc în special la pornirea agregatului și contribuie la menținerea unei presiuni și a unui debit de abur constant în reactorul nuclear fierbător.

Comenzile sistemului de reglaj sînt date de următoarele elemente:

— regulatorul de presiune a aburului în reactor;

— regulatorul de turație, împreună cu sincronizatorul;

— ventilul limitator de sarcină (acționat manual).

Turbina dispune de un număr mare de instalații de protecție. Dintre acestea, mai deosebite sînt două mecanisme care întrerup admisia aburului în turbină o dată cu înrăutățirea vidului în condensator. Prima protecție de acest gen acționează asupra aburului secundar cînd vidul atinge 65—70 %, iar a doua protecție acționează asupra aburului primar la înrăutățirea în continuare a vidului pînă la 50 %.

CAE Beloiarsk (*U.R.S.S.*)

CAE Beloiarsk, din Ural, a fost construită pe baza studiilor efectuate la reactorul primei CAE de la Obminsk [12], din care a rezultat posibilitatea ridicării temperaturii de lucru a barelor active pînă la valori la care se obține fierberea apei sub presiune și chiar supraîncălzirea aburului, obținut astfel la parametrii 90 ata, 500°C.

Turbina cu abur este de construcție obișnuită, tip VK-100, de 100 000 kW, cu acțiune, turația 3 000 rot/min, cu un debit la puterea nominală de 396 t/h.

Turbina este construită în două corpuri (de înaltă și joasă presiune). În corpul de înaltă presiune se găsește o roată de reglaj cu două coroane și 11 trepte de presiune, iar în partea de joasă presiune — cinci trepte duble, scurgerea aburului făcîndu-se în două fluxuri de sens opus.

Întrucît, în urma trecerii prin zona activă a reactorului, aburul devine foarte puțin radioactiv, protejarea conductelor, a turbinei și a condensatorului nu este de loc dificilă.

CAE Calder-Hall (*Anglia*)

În figura 7 este reprezentat, în diagrama $i-s$, procesul de destindere a aburului în turbină, a cărei secțiune este redată în figura 8.

Turbina cu abur are puterea de 23 MW, turația de 3 000 rot/min și este construită în două corpuri, dintre care primul are un singur sens de scurgere a aburului, iar al doilea două sensuri. Fiind de tipul cu reacție, împingerile axiale ale treptelor de la partea de înaltă presiune sînt anulate de un piston de echilibrare.

Aburul folosit în turbină fiind supraîncălzit, umiditatea la evacuare nu depășește 10 %. Pentru protecția anticorosivă a paletelor, la ultimele două trepte s-a prevăzut blindarea muchiilor de intrare cu stelit. Diametrul ultimei trepte este de 1,78 m, iar viteza periferică de 280 m/s.

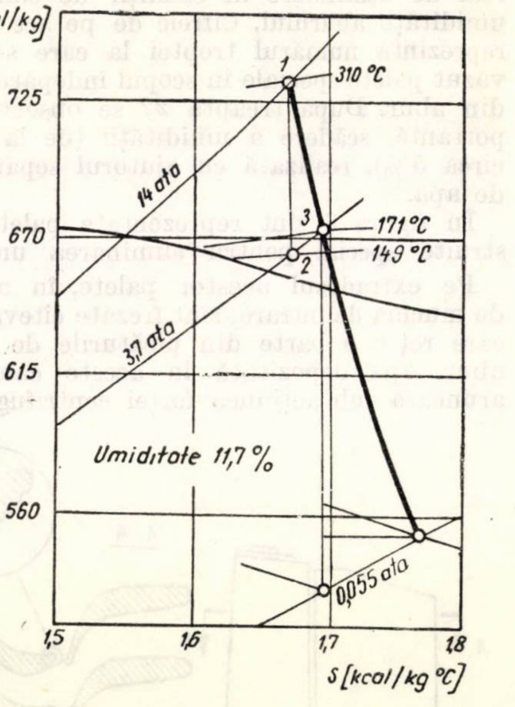


Fig. 7. Procesul de destindere a aburului în turbina CAE Calder-Hall, reprezentat în diagrama $i-s$.

CAE Trawsfynydd (*Anglia*)

Puterea acestei centrale este de 580 MW, avînd patru turboagregate cu puterea unitară de 145 MW.

Parametrii aburului primar sînt 66 ata, 380°C, iar ai aburului secundar 21,4 ata, 365°C. Aburul este în ambele cazuri supraîncălzit.

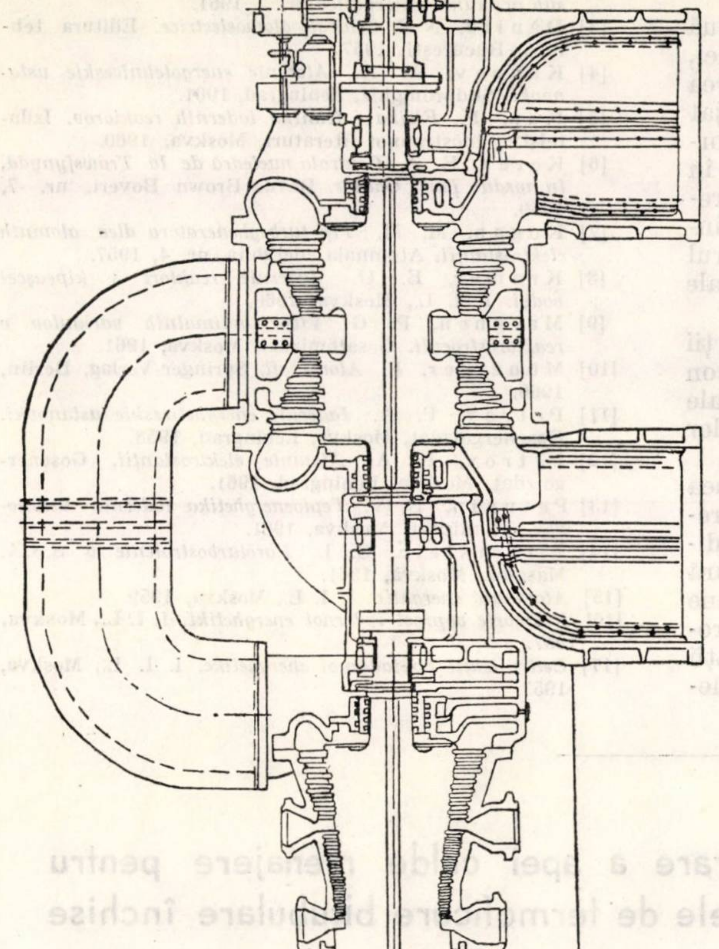


Fig. 8. Turbina cu abur a CAE Calder-Hall.

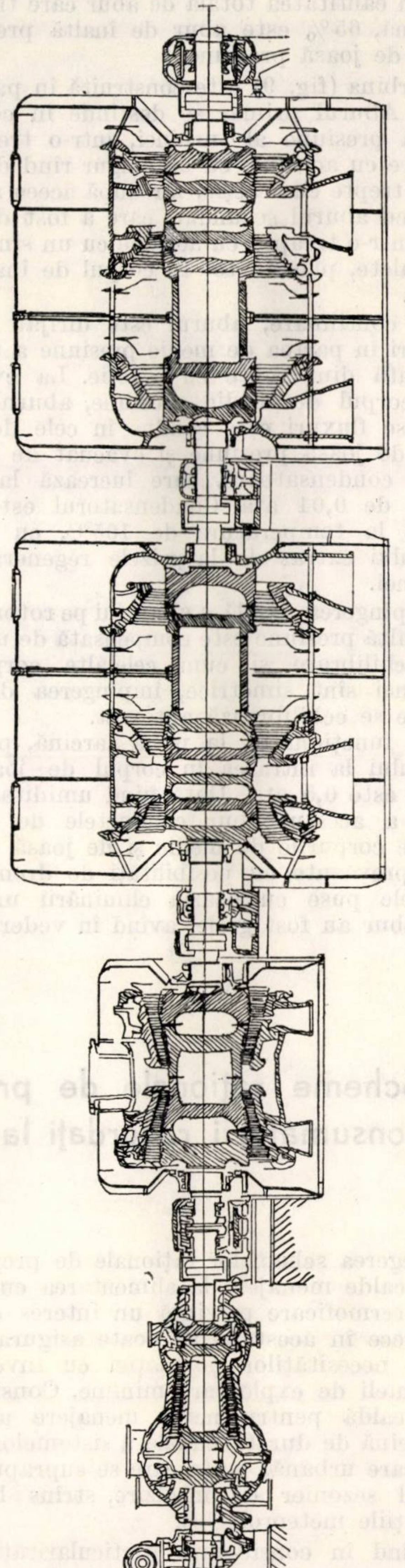


Fig. 9. Turbina cu abur din CAE Trawsfynydd.

Din cantitatea totală de abur care trece prin turbină, 65% este abur de înaltă presiune şi 35% de joasă presiune.

Turbina (fig. 9) este construită în patru corpuri. Aburul primar se destinde în corpul de înaltă presiune al turbinei, într-o treaptă de reglare cu acţiune, cu un singur rînd de palete şi 17 trepte cu reacţie, iar după aceea se amestecă cu aburul secundar, care a fost deja destins într-o treaptă cu acţiune cu un singur rînd de palete, plasată tot în corpul de înaltă presiune.

În continuare, aburul este dirijat în două fluxuri în partea de medie presiune a turbinei, formată din trepte cu reacţie. La evacuarea din corpul de medie presiune, aburul dirijat în şase fluxuri este condus în cele două corpuri de joasă presiune şi evacuat de acolo în două condensatoare, care lucrează la o presiune de 0,04 ata. Condensatorul este preîncălzit la temperatura de 105°C, cu ajutorul aburului extras de la prizele regenerative ale turbinei.

Împingerea axială a aburului pe rotorul părţii de înaltă presiune este compensată de un piston de echilibrare şi, cum celelalte corpuri ale turbinei sînt simetrice, împingerea diverselor trepte se echilibrează automat.

La funcţionarea la plină sarcină, presiunea aburului la intrarea în corpul de joasă presiune este 0,5 ata. Dată fiind umiditatea ridicată a acestui abur, conductele de legătură dintre corpurile de medie şi de joasă presiune sînt prevăzute cu posibilităţi de drenaj. Problemele puse cu ocazia eliminării umidităţii din abur au fost grele, avînd în vedere că debitul de abur trecut prin separatoare este de 565 t/h, iar umiditatea la intrare, 11%. Cantitatea de abur care trebuie eliminată este de circa 62 t/h.

Bibliografie

[1] Badea, I. A. şi Wlezek, C. *Construcţia unei centrale nuclearo-electrice în Italia.* Energetica nr. 6, 1960.

[2] Badea, I. A., Paraschiv, A. şi Wlezek, C. *Centrale nuclearoelectrice echipate cu reactoare cu apă sub presiune.* Energetica nr. 7, 1961.

[3] Dănilă, N P. *Centrale atomoelectrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1957.

[4] Kanaev, A. A. *Atomnîe energotehniceskie ustanovki.* Sudpromghiz, Leningrad, 1961.

[5] Kap, F. *Fizika i tehnika iadernîh reaktorov.* Izdatelstvo inostrannoi literaturî, Moskva, 1960.

[6] Kerez, E. A. *Centrala nucleară de la Trawsfynydd, în nordul Ţării Galilor.* Revue Brown Boveri, nr. 7, 1959.

[7] Kogan, M. M. *Tip turbogheneratora dlea atomnîh elektrostanţii.* Atomnaia energhiia, nr. 4, 1957.

[8] Kramer, E. U. *Iadernîe reaktorî s kipeaşcei vodoi.* I. I. L., Moskva, 1960.

[9] Marghen, P. G. *Vîbor optimalnîh variantov v reaktorostroenii.* Gosatomizdat, Moskva, 1961.

[10] Münziger, F. *Atomkraft.* Springer-Verlag, Berlin, 1960.

[11] Petrov, P. A. *Iadernîe energheticeskie ustanovki.* Gosenergoizdat, Moskva, Leningrad, 1958.

[12] Petrov, P. A. *Atomnîe elektrostanţii.* Gosenergoizdat, Moskva, Leningrad, 1961.

[13] Petunin, B. V. *Teploenerghetika iadernîh ustanovok.* Atomizdat, Moskva, 1961.

[14] Zilberstein, S. L. *Paroturbostroienie v S.Ş.A.* Maşghiz, Moskva, 1961.

[15] *Atomnaia energhiia.* I. I. L., Moskva, 1959.

[16] *Nekotorîe voprosî iadernoi energhetiki.* I. I. L., Moskva, 1957.

[17] *Cetîre lekţii po iadernoi energhetike.* I. I. L., Moskva, 1957.

Scheme raţionale de preparare a apei calde menajere pentru consumatorii racordaţi la reţele de termoficare bitubulare închise

Ing. *H. FURTUNESCU*

Alegerea schemelor raţionale de preparare a apei calde menajere la alimentarea cu căldură prin termoficare prezintă un interes deosebit, deoarece în acest fel se poate asigura satisfacerea necesităţilor populaţiei cu investiţii şi cheltuieli de exploatare minime. Consumul de apă caldă pentru nevoi menajere apare ca o sarcină de durată anuală a sistemelor de termoficare urbană, peste care se suprapune consumul sezonier de încălzire, strîns legat de condiţiile meteorologice.

Luînd în considerare particularităţile celor două mari categorii de consumuri menţionate mai sus, se pot stabili schemele raţionale de racordare a consumatorilor de căldură la reţelele de termoficare, care să asigure eficienţa maximă a sistemului de termoficare urbană, în ansamblul economiei naţionale.

A. Scheme de preparare a apei calde pentru nevoi menajere

În cazul sistemelor bitubulare închise, apa caldă pentru nevoi menajere se prepară local în punctele termice de la consumator. În acest scop se prevăd schimbătoare de căldură cu ajutorul cărora se încălzeşte apa preluată din reţeaua de apă potabilă.

1. *Schema de racordare în paralel a schimbătoarelor de căldură*

Schema de racordare cea mai veche și cea mai simplă din punctul de vedere al calculelor de proiectare este schema cu schimbătoarele de căldură pentru apa caldă menajeră legate în paralel cu sistemul de încălzire (fig. 1). Sistemul de încălzire poate fi racordat direct la rețeaua de termoficare, prin elevator, sau indirect, prin schimbătoare de căldură speciale.

Schema se poate folosi cu acumulare locală sau fără acumulare locală de apă caldă menajeră.

În cazul în care se prevede acumulare, debitul de apă din rețeaua de termoficare și suprafața schimbătoarelor de căldură locale se determină pentru consumul mediu orar de apă caldă menajeră. Debitul mediu depinde de capacitatea de acumulare aleasă și de numărul de ore de încărcare.

În cazul în care nu se prevede acumulare, debitul de apă din rețeaua de termoficare aferent alimentării cu apă caldă menajeră și schimbătorul de căldură se calculează pentru consumul maxim orar de apă caldă.

Debitul de apă din rețeaua de termoficare necesar preparării apei calde menajere variază o dată cu variația temperaturii în conducta de ducere. Debitul minim necesar de apă de rețea corespunde temperaturii maxime de calcul în conducta de ducere. Dacă nu se prevede acumulare, debitul necesar de apă de rețea variază în cursul zilei după consumul de apă caldă menajeră.

Debitul maxim necesar de apă de rețea corespunde temperaturii minime de calcul în conducta de ducere. De aici rezultă că pentru punctul termic debitul maxim de apă de rețea apare în cazul graficului normal de încălzire în perioadele de toamnă și primăvară. Prin urmare, condițiile de temperatură de calcul pentru determinarea debitului de apă de rețea și a suprafeței schimbătoarelor de căldură vor fi cele corespunzătoare punctului de frîngere al graficului de temperatură de încălzire (fig. 2), adică temperaturii exterioare t'_e. În acest punct rezultă valorile $\tau'_1 = 70°C$ pentru temperatura apei de rețea în conducta de ducere și $\tau'_4 = 35°C$ pentru temperatura apei de rețea în conducta de întoarcere. Dacă nu se prevede acumulare, debitul de calcul de apă de rețea, G_{ac}^{max}, se determină pentru sarcina maximă orară de alimentare cu apă caldă, q_{ac}^{max}.

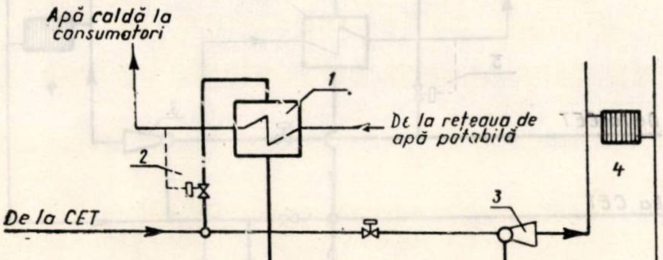


Fig. 1. Schema de racordare în paralel a schimbătorului de căldură pentru prepararea apei calde :

1 – schimbător de căldură ; *2* – regulator de temperatură ; *3* – elevator ; *4* – sistemul de încălzire.

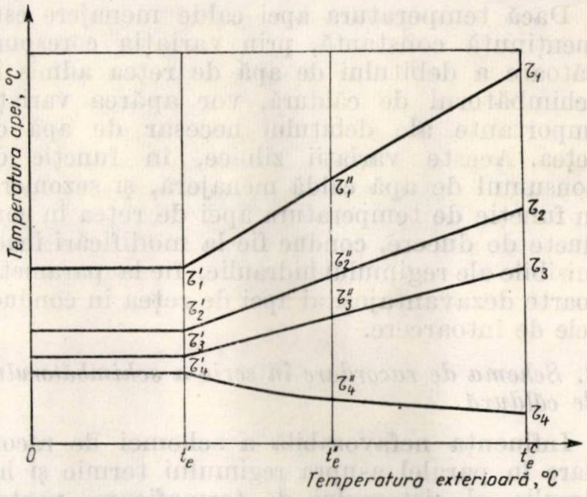


Fig. 2. Graficul normal de reglaj al temperaturii apei de rețea în cazul sistemului bitubular închis :

τ_1 – temperatura în conducta de ducere ; τ_2 – temperatura apei de rețea în conducta de ducere a sistemului local de încălzire după elevator ; τ_3 – temperatura apei de rețea în conducta de întoarcere după sistemul local de încălzire : τ_4 – temperatura apei de rețea după schimbătorul de căldură pentru prepararea apei calde în cazul schemelor de racordare în paralel sau în serie.

Rezultă deci :

$$G_{ac}^{max} = \frac{q_{ac}^{max}}{\tau'_1 - \tau'_4} \cdot 10^3 \ [\mathrm{m^3/h}].$$

Cînd se prevede acumulare, debitul de calcul de apă de rețea, G_{ac}^{med}, se determină pentru sarcina medie orară, q_{ac}^{med}, de alimentare cu apă caldă. Rezultă deci :

$$G_{ac}^{med} = \frac{q_{ac}^{med}}{\tau'_1 - \tau'_4} \cdot 10^3 \ [\mathrm{m^3/h}].$$

Debitul total de apă de rețea, pentru un punct termic, va fi deci pentru cazul fără acumulare :

$$G_{pt} = G_{inc} + G_{ac}^{max} = \frac{q_{inc}}{\tau_1 - \tau_3} + \frac{q_{ac}^{max}}{\tau'_1 - \tau'_4} .$$

În final rezultă că debitul de apă de rețea pentru alimentarea cu apă caldă este pentru acest caz de 1,144 ori mai mare decît debitul de apă pentru încălzire, iar debitul total de calcul pentru punctul termic este de 2,144 ori mai mare ca debitul necesar pentru încălzire.

Cînd se prevede acumulare, efectuînd calcule similare pentru cazul limită posibil al aplatisării sarcinii săptămînale de apă caldă menajeră, rezultă că debitul de apă de rețea aferent alimentării cu apă caldă este de circa 60 %, iar debitul total de calcul pentru punctul termic — de 160 % din debitul necesar pentru încălzire.

Dacă temperatura apei calde menajere este menținută constantă, prin variația corespunzătoare a debitului de apă de rețea admis în schimbătorul de căldură, vor apărea variații importante ale debitului necesar de apă de rețea. Aceste variații zilnice, în funcție de consumul de apă caldă menajeră, și sezoniere, în funcție de temperatura apei de rețea în conducte de ducere, conduc fie la modificări inadmisibile ale regimului hidraulic, fie la parametri foarte dezavantajoși ai apei de rețea în conductele de întoarcere.

2. *Schema de racordare în serie a schimbătorului de căldură*

Influența nefavorabilă a schemei de racordare în paralel asupra regimului termic și hidraulic al sistemului de termoficare, pentru un domeniu de structură foarte frecventă a consumurilor urbane de căldură, a condus la necesitatea utilizării altor scheme de racordare.

Astfel a apărut schema de racordare în serie a schimbătorului de căldură pentru prepararea apei calde menajere (fig. 3), care a fost propusă de N. K. Gromov, inginerul-șef al Întreprinderii de rețele de termoficare din Moscova.

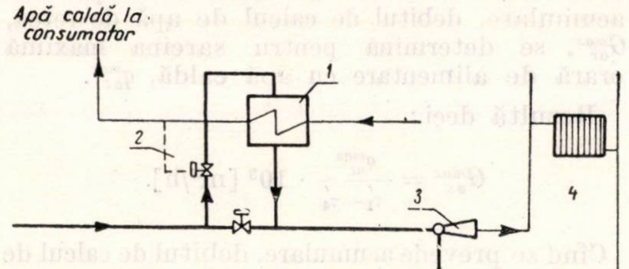


Fig. 3. Schema de racordare în serie a schimbătorului de căldură pentru prepararea apei calde :

1 — schimbător de căldură ; *2* — regulator de temperatură ; *3* — elevator ; *4* — sistemul de încălzire.

Schimbătorul de căldură pentru prepararea apei calde se montează în punctul termic și se racordează pe partea de apă de rețea în serie cu sistemul de încălzire, însă înaintea acestuia. Apa caldă este încălzită cu apă de rețea, care intră apoi în sistemul local de încălzire. Schimbătorul de căldură pentru prepararea apei calde se dimensionează la sarcina maximă orară de apă caldă pentru condițiile de vară, cînd temperatura apei de rețea în conducta de ducere este $\tau_1' = 70°C$ și în conducta de întoarcere $\tau_4' = 35°C$. De regulă, în acest caz nu se prevede acumulare, însă pentru anumite situații aceasta este necesară, astfel că aplicarea schemei de racordare înaintașă nu exclude adoptarea soluțiilor cu acumulare.

Debitul de apă de rețea pentru prepararea apei calde se determină pentru sarcina medie orară de apă caldă. Pentru cazul obișnuit al reglajului calitativ după graficul de încălzire, debitul total de apă de rețea al punctului termic rămîne constant în tot cursul sezonului de încălzire. Sarcinile maxime orare de apă caldă se acoperă datorită micșorării parțiale a căldurii livrate pentru încălzire. În acest fel, vîrfurile de consum de căldură pentru alimentare cu apă caldă sînt preluate utilizînd inerția termică a clădirilor. Aceste vîrfuri de consum, avînd o durată foarte redusă, practic nu influențează temperatura aerului din interiorul încăperilor.

Pentru determinarea debitului de apă de rețea pentru prepararea apei calde, se consideră pentru apa de rețea temperaturile din graficul de reglaj corespunzătoare temperaturii exterioare, t_e'', de durată maximă, din domeniul situat între temperatura exterioară de calcul, t_e^c, și temperatura de frîngere, t_e', a graficului de reglaj. Debitul de calcul de apă de rețea pentru prepararea apei calde va fi deci :

$$G_{ac}^{med} = \frac{q_{ac}^{med}}{\tau_1'' - \tau_3''} \cdot 10^3 \ [\mathrm{m^3/h}].$$

Debitul de calcul de apă de rețea pentru punctul termic va fi :

$$G_{pt} = G_{inc} + G_{ac}^{med}.$$

3. *Schema de racordare mixtă în două trepte a schimbătoarelor de căldură*

Deficiențele pe care le prezintă schema de racordare în paralel au condus la dezvoltarea

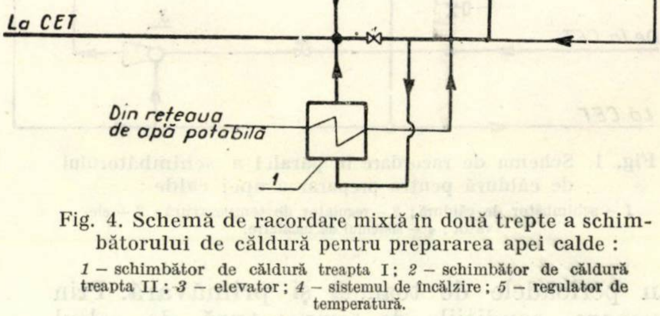


Fig. 4. Schemă de racordare mixtă în două trepte a schimbătorului de căldură pentru prepararea apei calde :

1 — schimbător de căldură treapta I ; *2* — schimbător de căldură treapta II ; *3* — elevator ; *4* — sistemul de încălzire ; *5* — regulator de temperatură.

propusă de ing. Klușin de la Mosenergo, prin montarea unui schimbător de căldură suplimentar după sistemul de încălzire (fig. 4).

Astfel, pe partea de apă de rețea, un schimbător de căldură (treapta II) este racordat în paralel cu sistemul de încălzire, iar altul (treapta I) este racordat în serie după sistemul de încălzire.

Apa potabilă trece întîi prin schimbătorul de căldură treapta I, racordat după sistemul de încălzire, și apoi prin schimbătorul de căldură treapta II, racordat în paralel cu sistemul de încălzire, după care merge la consum.

La creșterea consumului de apă caldă menajeră peste o anumită valoare, în funcție de regimul considerat, va crește și cantitatea de apă de rețea intrată în schimbătorul de căldură treapta II, similar cu situația întîlnită în cazul schemei de racordare în paralel. Întrucît sarcina termică a schimbătorului de căldură treapta II este mai redusă însă decît în cazul schemei de racordare în paralel, variațiile de debit de apă de rețea vor fi mai reduse. Debitul necesar de apă de rețea va fi și el mai scăzut în acest caz, din același considerent. Suprafața totală a schimbătoarelor de căldură treapta I și treapta II se calculează pentru sarcina maximă orară de calcul pentru alimentarea cu apă caldă.

Condițiile de calcul pentru determinarea debitului de apă de rețea pentru alimentarea cu apă caldă și a suprafeței de schimb de căldură se iau pentru punctul de frîngere al graficului de temperatură de încălzire (ca și în cazul schemei de racordare în paralel) corespunzător temperaturii exterioare t_e'.

Schema se poate utiliza cu acumulare locală sau fără acumulare locală de apă caldă. Cînd nu există acumulare locală, calculul se face pentru sarcina maximă orară de alimentare cu apă caldă; cînd se prevede acumulare locală, calculul se face pentru sarcina medie orară de alimentare cu apă caldă.

Distribuirea sarcinilor între schimbătoarele de căldură treapta I și treapta II se face pentru cazul fără acumulare locală după formula:

$$q_{\mathrm{I}}^{max} = \frac{q_{ac}^{max}\,(t_3 - t_1)}{t_c - t_1}\ [\mathrm{Gcal/h}],$$

iar pentru cazul cu acumulare locală, după formula:

$$q_{\mathrm{I}}^{med} = \frac{q_{ac}^{med}\,(t_3 - t_1)}{t_c - t_1}\ [\mathrm{Gcal/h}],$$

unde:

$t_1 = +\,5°\mathrm{C}$ este temperatura minimă de calcul a apei potabile;

$t_c = +\,60°\mathrm{C}$ — temperatura de calcul finală a apei calde;

$t_3 = \tau_3' - 10$ grd — temperatura apei calde la ieșirea din schimbătorul de căldură treapta I.

Debitul de calcul de apă de rețea, pentru alimentarea cu apă caldă, se determină după sarcina termică a treptei II.

Pentru cazul fără acumulare avem:

$$G_{ac}^{max} = \frac{q_{\mathrm{II}}^{max}}{\tau_1' - \tau_4'} \cdot 10^3\ [\mathrm{m^3/h}].$$

Pentru cazul cu acumulare avem:

$$G_{ac}^{med} = \frac{q_{\mathrm{II}}^{med}}{\tau_1' - \tau_4'} \cdot 10^3\ [\mathrm{m^3/h}].$$

Debitul total de apă de rețea pentru punctul termic va fi:

— cazul fără acumulare

$$G_{pt} = G_{inc} + G_{ac}^{max};$$

— cazul cu acumulare

$$G_{pt} = G_{inc} + G_{ac}^{med}.$$

Temperatura de calcul a apei de rețea la intrarea în schimbătorul de căldură treapta II se ia $\tau_1' = 70°\mathrm{C}$, iar la ieșirea din schimbător se ia $\tau_4' = \tau_3'$. Temperatura de calcul a apei de rețea la intrare în schimbătorul de căldură treapta I se ia din graficul de temperatură, egală cu τ_3', iar la ieșirea din schimbător rezultă temperatura $\tau_5' = \tau_3' - \frac{q_I \cdot 10^3}{G_{pt}}$ [°C].

4. *Schema de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde*

Pe linia căutării de noi scheme raționale de preparare a apei calde menajere, a fost elaborată și propusă, în comun, de către Institutul termotehnic unional și Mosenergo, schema de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură (fig. 5). Prof. E. I. Sokolov a elaborat principiile teoretice de calcul ale acestei scheme.

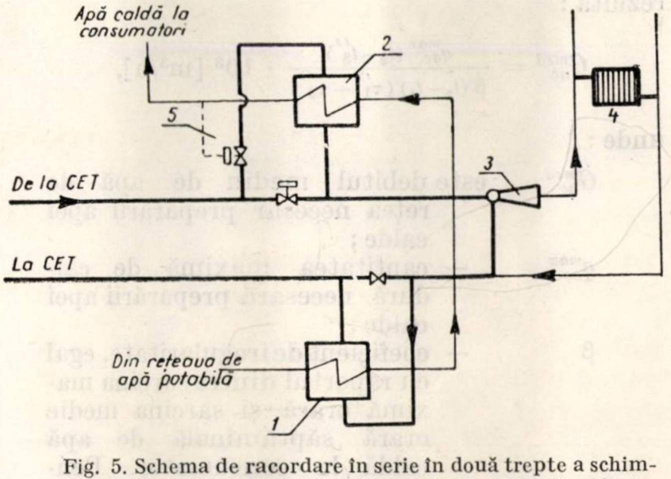


Fig. 5. Schema de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde:
1 – schimbător de căldură treapta I; *2* – schimbător de căldură treapta II; *3* – elevator; *4* – sistemul de încălzire; *5* – regulator de temperatură.

Această schemă prevede pe partea de apă de rețea racordarea în serie a schimbătorului de căldură treapta II, apoi a sistemului de încălzire și după sistemul de încălzire se racordează schimbătorul de căldură treapta I pentru prepararea apei calde. Pe partea de apă caldă se racordează în serie schimbătoarele de căldură treapta I și treapta II. Se poate spune că această schemă de racordare constituie o extindere a schemei în serie, prin montarea unui schimbător de căldură suplimentar după sistemul de încălzire.

În cazul graficului obișnuit de reglaj al temperaturii, după necesitățile de încălzire, la aplicarea acestei scheme debitul de apă de rețea aferent preparării apei calde se determină după sarcina medie orară a schimbătorului de căldură treapta II. Deoarece sarcina termică a acestuia este mai mică decît în cazul schimbătorului de căldură de la schema de racordare în serie, va rezulta un debit de apă de rețea mai scăzut pentru prepararea apei calde. Debitul de calcul de apă de rețea pentru alimentarea cu apă caldă în timpul perioadei de încălzire se determină după sarcina medie orară de calcul pentru alimentarea cu apă caldă pentru condițiile de temperatură care rezultă la temperatura exterioară, t_e'', de durată maximă, din domeniul situat între temperatura exterioară de calcul, t_e^c, și temperatura de frîngere, t_e', a graficului de reglaj. Rezultă relația:

$$G_{ac}^{med} = \frac{q_{II}^{med}}{\tau_1'' - \tau_3''} \cdot 10^3\ [\mathrm{m^3/h}].$$

Ținînd seamă de faptul că $q_{II}^{med} = \dfrac{q_{ac}^{max}(t_2 - t_3'')}{\beta\,(t_2 - t_1)}$,

rezultă:

$$G_{ac}^{med} = \frac{q_{ac}^{max}\ (t_2 - t_3'')}{\beta\,(t_2 - t_1)\,(\tau_1'' - \tau_3'')} \cdot 10^3\ [\mathrm{m^3/h}],$$

unde:

G_{ac}^{med} este debitul mediu de apă de rețea necesar preparării apei calde;

q_{ac}^{max} — cantitatea maximă de căldură necesară preparării apei calde;

β — coeficient de iregularitate, egal cu raportul dintre sarcina maximă orară și sarcina medie orară săptămînală de apă caldă la consumator. Pentru necesitățile calculului de proiectare a rețelelor de termoficare urbană pentru ansamblul considerat al orașului, se consideră $\beta = 2$;

$t_1 = +5°\mathrm{C}$ — temperatura de calcul a apei potabile;

$t_2 = +60°\mathrm{C}$ — temperatura de calcul a apei calde;

$t_3'' = \tau_3'' - 10$ grd — temperatura apei încălzite la intrarea în schimbătorul treapta II, convențional considerată pentru calculul rețelelor de termoficare.

Debitul total de apă de rețea pentru punctul termic va fi:

$$G_{pt} = G_{inc} + G_{ac}^{med}.$$

Ca și în cazul altor scheme, condițiile de calcul pentru determinarea suprafeței schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde menajere sînt cele corespunzătoare regimului de temperatură exterioară, t_e', de frîngere a graficului de reglaj al temperaturii apei de rețea.

Cu o precizie suficientă pentru scopuri practice la calculul schimbătoarelor de căldură, repartizarea sarcinilor termice pentru prepararea apei calde menajere între cele două trepte se poate face după formule empirice:

— pentru prima treaptă

$$q_I^{max} = \frac{0{,}6}{\sqrt{\beta}}\, q_{ac}^{max}\ [\mathrm{Gcal/h}];$$

— pentru treapta a doua

$$q_{II}^{max} = \left(1 - \frac{0{,}6}{\sqrt{\beta}}\right) q_{ac}^{max}\ [\mathrm{Gcal/h}],$$

unde:

q_I^{max} este sarcina termică maximă pentru schimbătorul treapta I;

q_{II}^{max} — sarcina termică maximă pentru schimbătorul treapta II;

β — raportul dintre sarcina maximă orară de alimentare cu apă caldă la consumator și sarcina medie orară săptămînală.

Pentru locuințe se poate lua orientativ $\beta = 2$, iar pentru alți consumatori se deduc valorile după graficele săptămînale de consum de apă caldă.

Temperatura apei de rețea în conducta de ducere (înaintea schimbătorului treapta II) se ia $\tau_1' = 70°\mathrm{C}$. Temperatura apei de rețea după schimbătorul de căldură treapta II va fi:

$$\tau_4' = \tau_1' - \frac{q_{II}^{max}}{G_{pt}} \cdot 10^3\ [°\mathrm{C}].$$

Temperatura apei de rețea înaintea schimbătorului de căldură treapta I se ia din graficul de temperatură, egală cu cea corespunzătoare la temperatura exterioară t_e' la punctul de frîngere al graficului de reglaj al temperaturii apei de rețea.

Temperatura apei de rețea după schimbătorul de căldură treapta I va fi:

$$\tau_5' = \tau_3' - \frac{q_I^{max}}{G_{pt}} \cdot 10^3 \text{ [°C]}.$$

Temperatura apei din rețeaua de apă potabilă la intrarea în schimbătorul de căldură treapta I se consideră $t_1 = +5°C$, iar la ieșire se determină din ecuația de bilanț termic al schimbătorului de căldură, după formula:

$$t_3 = t_1 + \frac{q_I^{max}}{q_{ac}^{max}} (t_{ac} - t_1) \text{ [°C]},$$

unde $t_{ac} = 60°C$ (pentru alimentare cu apă caldă în scopuri menajere).

Suprafața de încălzire a treptei I se verifică pentru condițiile de funcționare la temperatura exterioară de calcul t_e^c, adică la temperatura maximă a apei de rețea în magistrala de ducere ($\tau_1 = 150°C$).

În aceste condiții, schimbătorul de căldură treapta I trebuie să asigure încălzirea apei consumate în scopuri menajere de la $t_1 = 5°C$ pînă la $t_3 = t_{ac} = 60°C$, la sarcina medie orară de alimentare cu apă caldă. Temperatura apei de rețea la intrarea în schimbătorul de căldură treapta II, τ_3, se ia în acest caz egală cu temperatura de calcul la ieșirea din sistemul de încălzire.

Temperatura apei de rețea la ieșirea din schimbătorul de căldură treapta II (egală cu temperatura apei de rețea în magistrala de întoarcere la consumator) se determină din ecuația de bilanț termic a schimbătorului de căldură după formula:

$$\tau_5 = \tau_3 - \frac{q_{ac}^{med}}{G_{pt}} \cdot 10^3 \text{ [°C]}.$$

5. *Schema de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde, în cazul graficului special (corectat) de reglaj al temperaturii apei de rețea*

Cantitatea de apă de rețea pentru prepararea apei calde în cazul aplicării schemei de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde este minimă în comparație cu alte scheme de racordare cunoscute. Pentru reducerea la zero a cantității de apă de rețea pentru prepararea apei calde și pentru a avea posibilitatea dimensionării rețelelor de termoficare numai pentru sarcina termică de încălzire, a apărut ideea corectării corespunzătoare a graficului de reglaj al temperaturii, în cazul rețelelor de termoficare bitubulare închise cu reglaj calitativ.

Considerînd debitul nominal de apă de rețea al punctului termic:

$$G_{pt} = G_{inc} = \frac{q_{inc}}{\tau_1 - \tau_3},$$

rezultă necesară o creștere a temperaturii în conducta de ducere pentru acoperirea consumului de căldură pentru prepararea apei calde.

Creșterea temperaturii în conducta de ducere în rețelele de termoficare bitubulare închise, față de graficul normal de temperatură, se determină din condițiile de acoperire a sarcinii medii de alimentare cu apă caldă în cursul întregii perioade de încălzire, fără adaos suplimentar de apă de rețea pentru alimentare cu apă caldă.

La temperatura exterioară de calcul, t_e^c, sarcina medie de alimentare cu apă caldă este integral acoperită de schimbătorul de căldură treapta I, prin preluarea întregii cantități necesare de căldură de la apa de rețea ieșită din sistemul de încălzire și ca atare nu este necesară creșterea temperaturii în conducta de ducere.

Pentru regimul de vară se păstrează condiția inițială, așa că limitele de reglaj ale temperaturii în conducta de ducere rămîn aceleași. În condițiile date, în marea majoritate a cazurilor, rezultă deci temperatura nominală de 150°C în conducta de ducere la temperatura exterioară de calcul și temperatura de 70°C în regim de vară, cînd sarcina de încălzire este egală cu zero.

În punctul de frîngere al graficului normal de temperatură corespunzător temperaturii exterioare t_e', se constată că schimbătorul de căldură treapta I livrează cantitatea minimă de căldură, iar schimbătorul de căldură treapta II preia sarcina maximă din cursul întregii perioade de încălzire. Pentru condițiile corespunzătoare acestui punct, se determină creșterea maximă necesară a temperaturii apei de rețea în conducta de ducere la sarcina medie de alimentare cu apă caldă. Vom avea deci:

$$\Delta\tau' = \frac{q_{ac}^{med}(t_2 - t_3)}{G_{inc}(t_2 - t_1)} \cdot 10^3 \text{ [grd]}.$$

În figura 6 s-a reprezentat graficul corectat de reglaj al temperaturii apei de rețea.

Sarcinile termice ale schimbătoarelor de căldură treapta I și treapta II, precum și celelalte elemente se determină după formulele prezentate mai sus, în cazul aceleiași scheme, pentru un grafic normal de temperatură.

Pentru determinarea $\Delta\tau$, mărimile de calcul q_{ac}^{med} și G_{inc} nu se iau după sarcinile totale ale orașului, ci după sarcinile unuia dintre consumatori, la care raportul dintre cantitățile de căldură pentru alimentarea cu apă caldă și încălzire este cel mai caracteristic sau comun pentru marea majoritate a consumatorilor racordați.

Pentru consumatorii la care raportul dintre cantitățile de căldură pentru alimentarea cu apă caldă și pentru încălzire este mai mic sau cel mult egal cu cel adoptat ca fundamental la întocmirea graficului special de reglaj al temperaturii, nu se va lua în considerare decît debitul de apă de rețea pentru sarcina de încălzire. Vom avea deci:

$$G_{pt} = G_{inc}\,[\mathrm{m}^3/\mathrm{h}].$$

Pentru consumatorii la care raportul dintre cantitățile de căldură pentru alimentarea cu apă caldă și pentru încălzire este mai mare decît cel adoptat, corespunzător consumatorului caracteristic, se va lua în considerare sporul necesar de apă de rețea pentru prepararea apei calde.

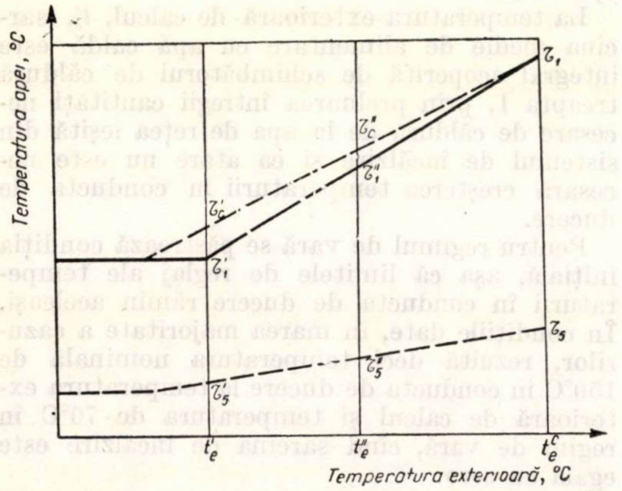


Fig. 6. Graficul corectat de reglaj al temperaturii apei de rețea în cazul sistemului bitubular închis:

τ_e – temperatura apei de rețea în conducta de ducere în cazul graficului corectat; τ_1 – temperatura apei de rețea în conducta de ducere în cazul graficului normal; τ_5 – temperatura apei de rețea după schimbătorul de căldură treapta I în cazul schemei de racordare în serie în două trepte pentru prepararea apei calde.

Debitul de calcul de apă de rețea pentru alimentarea cu apă caldă la această categorie de consumatori se determină după sarcina medie de alimentare cu apă caldă pentru condițiile corespunzătoare temperaturii exterioare, t_e'', de durată maximă, din domeniul situat între temperatura exterioară de calcul, t_e^c, și temperatura din punctul de frîngere, t_e' a graficului normal de reglaj al temperaturii.

Vom avea deci:

$$G_{ac}^{med} = \frac{q_{ac}^{med}\,(t_2 - t_3)}{(t_2 - t_1)\,(\tau_c'' - \tau_3'')} \cdot 10^3\,[\mathrm{m}^2/\mathrm{h}],$$

unde:

$t_1 = +5°\mathrm{C}$ este temperatura de calcul a apei potabile utilizate la prepararea apei calde;

t_2 — temperatura de calcul a apei calde (pentru nevoi menajere se ia $t_2 = 60°\mathrm{C}$);

t_3 — temperatura apei la intrarea în schimbătorul de căldură treapta II (în cazul apei calde menajere se ia $t_3 = \tau_3'' - 10°\mathrm{C}$);

τ_c'' — temperatura în conducta de ducere în cazul graficului corectat de reglaj al temperaturii;

τ_3'' — temperatura în conducta de întoarcere.

Debitul nominal de apă de rețea la punctul de racordare a acestor consumatori va fi:

$$G_{pt} = G_{inc} + G_{ac}^{med}\,[\mathrm{m}^3/\mathrm{h}].$$

Condițiile de calcul pentru determinarea suprafeței de încălzire a schimbătoarelor de căldură treapta I și treapta II sînt aceleași ca și pentru graficul normal de reglaj al temperaturii (de încălzire), corespunzătoare punctului de frîngere a graficului la temperatură exterioară, t_e'. Calculul se face pentru consumul maxim orar de căldură aferent alimentării cu apă caldă. Distribuția sarcinilor termice între schimbătoarele de căldură treapta I și treapta II se face după aceleași formule ca în cazul graficului normal de temperatură.

B. Concluzii privind alegerea schemelor de preparare a apei calde în cazul racordării la rețele de termoficare bitubulare închise

În figura 7 se prezintă variația raportului $\frac{G_{pt}}{G_{inc}}$ în funcție de raportul $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}}$ pentru diferite scheme de racordare.

De aici rezultă că eficiența maximă a rețelelor de termoficare se obține în cazul schemelor de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde. În cazul aplicării graficului corectat de reglaj al temperaturii se utilizează la maximum capacitatea de transport a conductelor, și cheltuielile de pompare, în condiții egale de comparare, sînt minime.

Cea mai dezavantajoasă schemă de racordare este schema fără acumulare și cu racordarea schimbătorului de căldură pentru prepararea apei calde în paralel cu sistemul de încălzire.

Ținînd seamă de cele expuse, precum și de avantajele obținute pentru ansamblul compus din rețele de termoficare și punctele termice pentru diferite scheme de racordare, se rețin următoarele:

1. Schema de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde este indicat să fie utilizată cu preponderență în cazul rețelelor bitubulare închise, fiind cea mai economică. Ea se poate utiliza,

cu rezultate bune, în intervalul de valori ale raportului $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}}$, cuprins între 0,10 ... 1,0.

2. Schema de racordare în serie a schimbătorului de căldură pentru prepararea apei calde se poate utiliza pentru valori $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}} \leqslant 0{,}30$ și este indicată a se utiliza în special pentru valori sub 0,10, cînd prezintă performanțe sensibil apropiate de cele ale schemei de racordare în serie în două trepte.

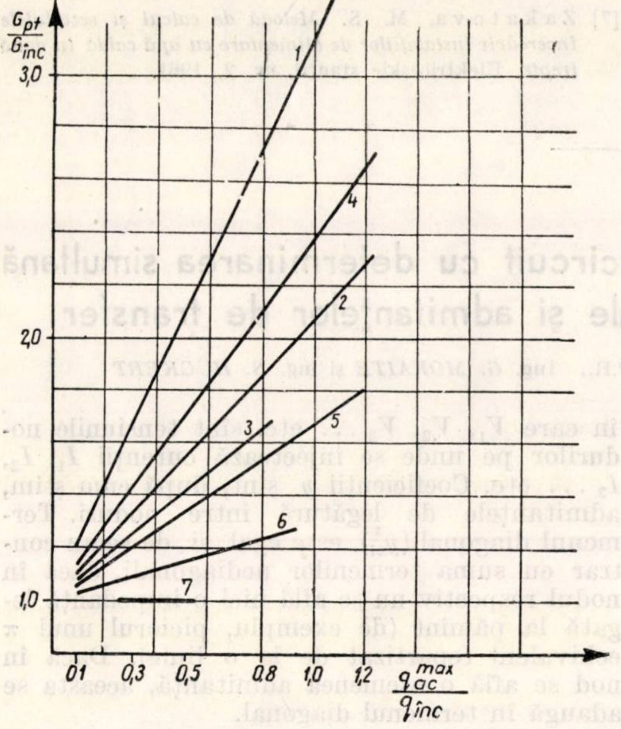


Fig. 7. Variația $\frac{G_{pt}}{G_{inc}}$ în funcție de q $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}}$:

1 – schema de racordare în paralel fără acumulare; *2* – schema de racordare în paralel cu acumulare; *3* – schema de racordare în serie; *4* – schema de racordare mixtă în două trepte fără acumulare; *5* – schema de racordare mixtă în două trepte cu acumulare; *6* – schema de racordare în serie în două trepte în cazul graficului normal de reglaj al temperaturii; *7* – schema de racordare în serie în două trepte în cazul graficului corectat de reglaj al temperaturii.

3. Schema de racordare în paralel cu acumulare se poate utiliza pentru valori $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}} >$ $> 1{,}0$. Se menționează că această schemă nu este limitată tehnic de raportul sarcinilor, așa că nu poate fi indicată o valoare limită superioară.

4. Schemele de racordare în paralel fără acumulare și mixtă în două trepte fără acumulare nu sînt indicate a se utiliza.

Se menționează că în anumite cazuri, la raportul $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}} > 1{,}0$ poate să apară interesantă aplicarea schemei în două trepte mixtă cu acumulare, în locul schemei de racordare în paralel cu acumulare.

5. Graficul corectat de reglaj al temperaturii în conducta de ducere este recomandabil să se utilizeze numai dacă sarcinile de alimentare cu apă caldă și de încălzire sînt suficient de omogene pentru majoritatea covîrșitoare a consumatorilor și numai dacă la acești consumatori este aplicată schema de racordare în serie în două trepte a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde. Se menționează că în caz contrar se poate ajunge la pierderi importante de căldură din cauza creșterii temperaturii peste valoarea normată în interiorul clădirilor la care nu sînt realizate condițiile menționate mai sus.

6. Necesitatea acumulării de apă caldă rezultă din valoarea raportului $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}}$ la consumatorul considerat și după caracterul variației consumului de apă caldă. La consumatorii cu schemă de racordare în serie în două trepte sau cu schemă de racordare în serie a schimbătoarelor de căldură pentru prepararea apei calde și la care $\frac{q_{ac}^{max}}{q_{inc}} \leqslant 0{,}50$ nu se prevede, de regulă, acumulare. În anumite cazuri, adoptarea sistemelor cu acumulare poate fi determinată de posibilitățile de procurare sau de calitatea regulatoarelor de temperatură destinate menținerii constante a temperaturii apei calde, întrucît, în cazul acumulării, reglajul automat poate fi înlocuit mai ușor prin reglaj manual.

7. Adoptarea schemelor celor mai adecvate de preparare a apei calde poate conduce la îmbunătățirea cosiderabilă a performanțelor obținute în funcționarea sistemelor de termoficare, precum și la reducerea investițiilor necesare pentru ansamblul lucrărilor.

8. Metodele de calcul expuse și formulele prezentate satisfac necesitățile de proiectare a rețelelor de termoficare, cu condiția precizării raporturilor de sarcini termice și a valorilor absolute ale acestora de către consumatorii care urmează a se racorda sau de către institutele de proiectare de specialitate, care întocmesc proiectele după care se execută construcțiile și instalațiile consumatoare de căldură. Este interesant de menționat că în prezent nu există un punct de vedere unitar și apropiat de realitate asupra valorilor absolute de calcul și a raportului dintre sarcinile termice de încălzire și alimentare cu apă caldă a construcțiilor de locuințe. În acest sens sînt necesare eforturi din partea organizațiilor de specialitate pentru stabilirea acestor valori, mai ales pe bază de măsurători, în cazuri concrete.

9. Pentru asigurarea corelării necesare se impune ca la proiectarea punctelor termice să se determine și să se comunice celor interesați debitele nominale necesare de apă de rețea,

variația temperaturii apei de rețea la ieșirea din punctul termic și pierderile de presiune în punctul termic. Aceste date, împreună cu investiția necesară, raportate la sarcina termică nominală racordată, pot constitui indicii de apreciere a calității și gradului de perfecțiune asigurat prin proiectarea instalației de alimentare cu căldură.

Bibliografie

[1] Hludov, A. V. *Alimentarea cu apă caldă*. Gosstroizdat, Moscova, 1957.

[2] Kopiev, S. F. *Alimentarea cu căldură*. Editura tehnică, București, 1957.

[3] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării*. Editura tehnică, București, 1961.

[4] Melentiev, L. A. *Indicații călăuzitoare privind regimurile de exploatare ale sistemelor de termoficare*. Gosenergoizdat, Moscova, 1947.

[5] Gromov, N. K. *Schema închisă de rețele de termoficare pentru alimentarea cu căldură a orașelor*. Elektriceskie stanții, nr. 8, 1949.

[6] Sokolov, E. I. *Sistemul închis de alimentare cu apă caldă cu două schimbătoare de căldură racordate în serie*. Teploenerghetika, nr. 5, 1958.

[7] Zakatova, M. S. *Metodă de calcul și rezultatele încercării instalațiilor de alimentare cu apă caldă în două trepte*. Elektriceskie stanții, nr. 2, 1961.

Calculul exact al curenților de scurtcircuit cu determinarea simultană a schemelor REI, imaginilor nodale și admitanțelor de transfer

P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. *G. MORAITE* și ing. *S. HÜCKERT*

Într-un studiu anterior [1] s-a arătat că „imaginile" nodurilor și schemelor radiale echivalente, denumite REI, pot fi obținute în două moduri:

1) Simultan cu calculul curenților de scurtcircuit dintr-un regim cunoscut.

2) Simultan cu obținerea primului regim, dacă utilizăm soluția denumită „iterația curenților de scurtcircuit".

În cele ce urmează vom exemplifica prima cale, a obținerii imaginilor nodale și a schemelor REI, simultan cu determinarea curenților de scurtcircuit trifazici simetrici.

1. Procedeul de eliminare pentru obținerea curenților de scurtcircuit trifazici simetrici, considerînd sarcinile și regimul real

Dacă pornim de la ecuațiile de tipul:

$$[I] = [Y]\cdot[V], \qquad (1)$$

pe care le scriem explicit pentru șase noduri, obținem relația matricială (2).

$$\uparrow\begin{array}{|c|} \hline I_1\\ \hline I_2\\ \hline I_3\\ \hline I_4\\ \hline I_5\\ \hline I_6\\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \multicolumn{1}{c}{1} & \multicolumn{1}{c}{2} & \multicolumn{1}{c}{3} & \multicolumn{1}{c}{4} & \multicolumn{2}{c}{\overset{\longleftarrow}{5 \quad\quad 6}} \\ \hline y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{15} & y_{16}\\ \hline y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} & y_{25} & y_{26}\\ \hline y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} & y_{35} & y_{36}\\ \hline y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} & y_{45} & y_{46}\\ \hline y_{51} & y_{52} & y_{53} & y_{54} & y_{55} & y_{56}\\ \hline y_{61} & y_{62} & y_{63} & y_{64} & y_{65} & y_{66}\\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline V_1\\ \hline V_2\\ \hline V_3\\ \hline V_4\\ \hline V_5\\ \hline V_6\\ \hline \end{array} \quad (2)$$

în care V_1, V_2, V_3 ... etc. sînt tensiunile nodurilor pe unde se injectează curenții I_1, I_2, I_3 ... etc. Coeficienții y sînt, după cum știm, admitanțele de legătură între noduri. Termenul diagonal (y_{ii}) este egal și de semn contrar cu suma termenilor nediagonali, dacă în nodul respectiv nu se află nici o impedanță legată la pămînt (de exemplu, piciorul unui π echivalent repartizat de la o linie). Dacă în nod se află o asemenea admitanță, aceasta se adaugă în termenul diagonal.

Să presupunem că primele trei rînduri (I_1, I_2, I_3) ale ecuației (2) reprezintă nodurile cu generatoare. Dacă dorim să aflăm curenții de scurtcircuit în nodul 4, trebuie să eliminăm nodurile 5 și 6, în ipoteza că pentru sarcinile respective ale acestor noduri curenții au o dependență liniară față de tensiuni.

$$I_s = y_s\, V_s. \qquad (3)$$

Înlocuim în ecuația (2) curenții I_5 și I_6 cu valorile lor din (3); această ecuație devine (s-au schimbat termenii diagonali y_{55} și y_{66}):

$$\uparrow\begin{array}{|c|} \hline I_1\\ \hline I_2\\ \hline I_3\\ \hline I_4\\ \hline 0\\ \hline 0\\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \multicolumn{1}{c}{1} & \multicolumn{1}{c}{3} & \multicolumn{1}{c}{3} & \multicolumn{1}{c}{4} & \multicolumn{2}{c}{\overset{\longleftarrow}{5 \quad\quad 6}} \\ \hline y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} & y_{15} & y_{16}\\ \hline y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} & y_{25} & y_{26}\\ \hline y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} & y_{35} & y_{36}\\ \hline y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} & y_{45} & y_{46}\\ \hline y_{51} & y_{52} & y_{53} & y_{54} & y_{55} + y_5 & y_{56}\\ \hline y_{61} & y_{62} & y_{63} & y_{64} & y_{65} & y_{66} + y_6\\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline V_1\\ \hline V_2\\ \hline V_3\\ \hline V_4\\ \hline V_5\\ \hline V_6\\ \hline \end{array} \quad (4)$$

Apoi eliminăm de jos în sus ecuaţiile (6) şi (5), transformînd succesiv termenii matricei [Y] din formula (4) cu formula de reducere cunoscută (termenii în cazul reducerii nodului i) :

$$y_{mn}\,nou = y_{mn}\,vechi - \frac{y_{mi}\,y_{ni}}{y_{ii}}. \qquad (5)$$

După eliminare se obţine ecuaţia de mai jos, în care coeficienţii y au fost păstraţi cu aceleaşi notaţii, cu toate că vor avea valori schimbate (indicii admitanţelor y referindu-se numai la poziţia în matrice a coeficientului respectiv, fără nici o indicaţie asupra valorii). În formula de mai jos s-au notat tensiunile generatoarelor cu E_1, E_2 şi E_3, iar tensiunea nodului 4 de sarcină — cu U_4.

$$\begin{array}{c|c|} 1 & I_1 \\ \hline 2 & I_2 \\ \hline 3 & I_3 \\ \hline 4 & I_4 \end{array} = \begin{array}{c|c|c|c|c|} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} \\ \hline 2 & y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} \\ \hline 3 & y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} \\ \hline 4 & y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} \end{array} \times \begin{array}{c|c|} 1 & E_1 \\ \hline 2 & E_2 \\ \hline 3 & E_3 \\ \hline 4 & U_4 \end{array} \qquad (6)$$

2. Echivalentul sistemului reprezentat de ecuaţiile (6). Extragerea schemei REI a nodului 4 din acest echivalent şi a imaginii nodale

După cum s-a arătat [1], ecuaţiile (6) reprezintă unitar sistemul de admitanţe din figura 1 *a*, legat într-un corp unitar în care sînt păstrate nodurile generatoare 1, 2 şi 3, împreună cu nodul 4, ai căror curenţi de scurtcircuit îi determinăm.

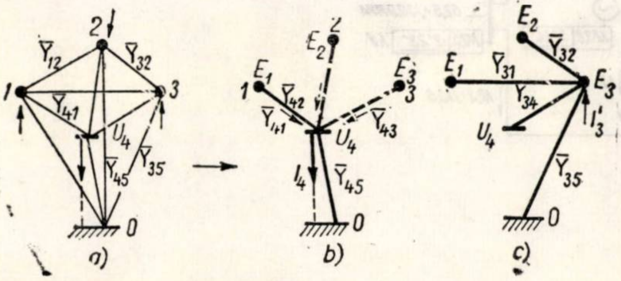


Fig. 1 :
a — echivalentul sistemului cu nodul 4 păstrat ; *b*—schema REI a nodului 4 ; *c*—schema REI a nodului 3.

Schema REI a nodului 4 se detaşează din acest echivalent, după cum se vede în figura 1 *b*, şi este schema fizică cu legăturile nodului 4, pe de o parte la nodurile unde se aplică tensiunile (1, 2, 3), iar pe de altă parte la nodul comun — pămîntul. Din ecuaţia finală (6), prin identificarea termenilor obţinem toate admitanţele necesare construcţiei schemei REI, iar prin reprezentarea termenilor yE (componente ale curentului de scurtcircuit), pe un grafic, obţinem imaginea nodului respectiv, aşa cum se vede în figurile 4 şi 5.

Printr-un procedeu identic se obţine ecuaţia „analizei nodale" pentru oricare alt nod, cum ar fi aici 5 sau 6. Se poate uşor observa că ecuaţiile acestor ultime două noduri se pot obţine revenind de la ecuaţia (6), adăugînd nodul 5 şi eliminînd pe 4 etc., pentru a se utiliza calculele deja efectuate şi a economisi travaliul calculatorului numeric. Nu ne ocupăm aici de această latură, pusă de curînd la punct [2] pentru calculatorul numeric.

3. Curenţii de scurtcircuit, componentele lor pe surse în toate nodurile şi alte mărimi determinate dintr-un singur calcul

Dacă reducem şi ultimul nod 4 în ecuaţia (6), obţinem ceea ce am denumit „echivalentul final" al sistemului [1], care este reprezentat de grupul de ecuaţii A din (7).

$$\begin{array}{c} \mathrm{A}\left\{\begin{array}{|c|} I_1 \\ \hline I_2 \\ \hline I_3 \end{array}\right. \\ \hline \mathrm{B}\left\{\begin{array}{|c|} I_4 \\ \hline I_5 \\ \hline I_6 \end{array}\right. \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} y_{11} & y_{12} & y_{13} & 0 & 0 & 0 \\ \hline y_{21} & y_{22} & y_{23} & 0 & 0 & 0 \\ \hline y_{31} & y_{32} & y_{33} & 0 & 0 & 0 \\ \hline y_{41} & y_{42} & y_{43} & y_{44} & 0 & 0 \\ \hline y_{51} & y_{52} & y_{53} & 0 & y_{55} & 0 \\ \hline y_{61} & y_{62} & y_{63} & 0 & 0 & y_{66} \end{array} \times \begin{array}{|c|} E_1 \\ \hline E_2 \\ \hline E_3 \\ \hline U_4 \\ \hline U_5 \\ \hline U_6 \end{array} \qquad (7)$$

Toate nodurile au fost „liniarizate", căci în acest echivalent toate sarcinile figurează ca impedanţe. Ecuaţiile din grupa B din (7) sînt ecuaţiile nodurilor cu sarcini extrase din ecuaţiile matriciale de tipul (6), scrise pe rînd, în care în fiecare nod sarcina respectivă rămîne neliniarizată (curentul I figurează explicit).

Astfel ecuaţiile B nu aparţin aceluiaşi sistem fizic, decît dacă eliminăm curenţii din B pe baza relaţiei de „liniarizare" : $I_S = y_s U_S$.

În acest din urmă caz ajungem la ecuaţiile „echivalentului final" (partea A) ; din ecuaţiile B, cu curenţii eliminaţi, se pot afla toate mărimile interesînd regimul, inclusiv curenţii de circulaţie în ramurile reţelei reale [1].

În rezumat, se pot determina dintr-un singur calcul :

1. Curenţii de scurtcircuit, totali (din termenul diagonal al matricei Y cu curenţii eliminaţi), şi pe surse (din termenii nediagonali ai matricei Y). Aceşti curenţi sînt determinaţi ţinînd seamă de sarcină şi de regimul real înainte de scurtcircuit.

2. Schemele REI ale nodurilor, prin identificarea coeficienților y. Fiecare rînd al matricei (7) reprezintă schema REI a nodului respectiv (fig. 4).

3. Imaginea nodală (fig. 5).

4. Admitanțele de transfer (numai o parte). Calculul completat dă mai departe toate admitanțele de transfer necesare analizei regimurilor dinamice (stabilitate, reglaj etc.) [1].

4. Exemplu de calcul într-un sistem energetic

Se prezintă, în cele ce urmează, rezultatele calculelor curenților de scurtcircuit trifazic (cu deducerea simultană a elementelor schemelor REI și a imaginilor nodale), calcule efectuate cu mașinile electronice CIFA, plecînd de la schema electrică a unui sistem energetic cu regimul de funcționare respectiv, indicat în figura 2.

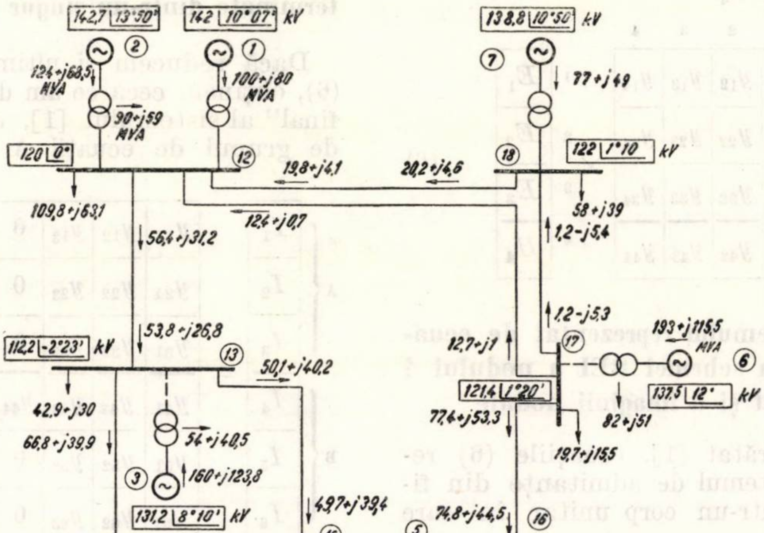

142,7 ∟13°50'
142 ∟10°07' kV
②
①
124+j68,5 MVA
100+j80 MVA
90+j59 MVA
120 ∟0°
⑫
19,8+j4,1
20,2+j4,6
109,8+j63,1
12,4+j0,7
56,4+j31,2
53,8+j26,8
112,2 ∟-2°23' kV
⑬
50,1+j40,2
42,9+j30
66,8+j39,9
54+j40,5
③
160+j123,8
131,2 ∟8°10' kV
49,7+j39,4
⑮
⑤
123,8 ∟5°24'
42,8+j31,1
110,8 ∟-2°46' kV
65,6+j37,5
71,1+j55,6
70,5+53,7
12,2+j13,3
108,5 ∟-3°30'
⑭
66,1+j39,2
200+j107
130+j55
④
107,2 ∟-50' kV
138,8 ∟10°50 kV
⑦
77+j49
⑱
122 ∟1°10 kV
58+j39
1,2-j5,4
1,2-j5,3
193+j115,5 MVA
⑰
⑥
12,7+j1
121,4 ∟1°20'
137,5 ∟12° kV
77,4+j53,3
82+j51
19,7+j15,5
74,8+j44,5
⑯
62,5+j30,9 MVA
112,5 ∟-2°23' kV
12,3+j13,6

Fig. 2. Schema electrică și regimul de funcționare.

4.1. *Deducerea matricei Y a sistemului*

După calculul (cu CIFA) al regimului inițial de funcționare (fig. 2), caracterizat prin valorile tensiunilor la barele stațiilor de transformare și a fluxului de putere activă și reactivă, s-a procedat la determinarea valorilor tensiunilor electromotoare din spatele reactanțelor tranzitorii ale generatoarelor (notate cu indicii 1. . .7 în figura 1). Sarcinile active și reactive din noduri (inclusiv aportul capacitiv al liniilor) au fost transformate în admitanțe echivalente la tensiunea barei respective. De asemenea au fost transformate în admitanțe și impedanțele echivalente ale tuturor liniilor. S-a obținut astfel schema echivalentă cu admitanțe prezentată în figura 3.

Toate valorile mărimilor indicate în figurile 2 și 3 sînt exprimate în sistemul de unități de măsură MKSA.

Prin simpla examinare a schemei cu admitanțe din figura 3 s-a alcătuit matricea Y a sistemului (conform celor indicate la pct. 1), care este prezentată în relația matricială (8).

Relația matricială (8) corespunde relației matriciale (2) de la pct. 1.

4.2. *Reducerea matricei Y pentru determinarea curenților de scurtcircuit și a mărimilor din schema REI*

Înainte de a proceda la reducerea matricei Y, conform cu relația (5), păstrînd un singur nod de sarcină la care dorim să calculăm curentul de scurtcircuit trifazic, este necesar să efectuăm o transformare a matricei Y din relația matricială (8), conform celor indicate la pct. 1. Matricea Y transformată este prezentată în cadrul relației matriciale (9), care corespunde matricei (4), cu deosebirea că aici s-au „liniarizat" toate nodurile cu sarcină.

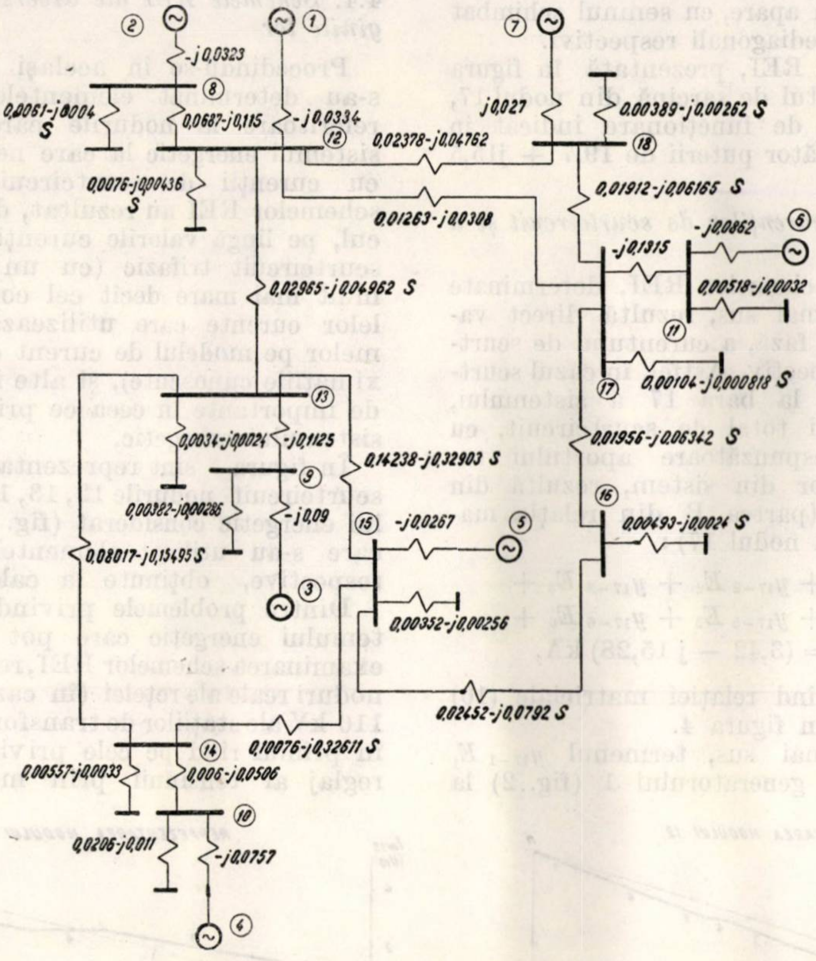

②
①
-j0,0323
⑧
0,0061-j0,0004 S
0,0687-j0,115
-j0,0334
⑫
0,0076-j0,00436 S
0,02378-j0,04762
0,01263-j0,0308
0,02965-j0,04962 S
⑬
0,0034-j0,0024
-j0,1125
⑨
0,14238-j0,32903 S
0,00382-j0,00286
-j0,09
⑮
-j0,0267
⑤
0,08017-j0,15495 S
③
0,00352-j0,00256
0,02452-j0,0792 S
⑭
0,10076-j0,32611 S
0,00557-j0,0033
0,006-j0,0506
⑩
0,0206-j0,011
-j0,0757
④
⑦
j0,027
0.00389-j0,00262 S
⑱
0,01912-j0,06165 S
⑥
-j0,0862
-j0,1315
0,00518-j0,0032
⑪
⑰
0,00104-j0,000818 S
0,01956-j0,06342 S
⑯
0,00493-j0,0024 S

Fig. 3. Schema cu admitanțe.

În această relație, termenii diagonali ai matricei Y, din liniile corespunzătoare nodurilor cu sarcină, conțin și admitanțele rezultate din liniarizarea tuturor sarcinilor, conform relației $I = yU$, admitanțe ale căror valori sînt indicate în figura 3. În același timp s-a efectuat și o regrupare a liniilor matricei Y, în sensul că după liniile corespunzătoare curenților debitați de generatoare (liniile 1—7) s-a plasat linia corespunzătoare barei 17, la care urmează să calculăm curentul de scurtcircuit trifazic. După această linie urmează cele corespunzătoare celorlalte noduri cu sarcină.

În continuare s-a procedat la reducerea matricei Y din relația matricială (9), în raport cu nodul 17. Noua matrice Y, rezultată din reducerea succesivă a tuturor nodurilor cu sarcină, cu excepția nodului 17, este prezentată în cadrul relației matriciale (10), care corespunde riguros matricei (4).

Relația matricială (10) conține toate elementele necesare determinării schemei REI a nodului 17 (fig. 4).

În figura 4, admitanțele legăturilor radiale 1 — 17, 2 — 17 etc. reprezintă chiar termenii nediagonali din linia 17 a matricei Y, prezentată în cadrul relației matriciale (10). Admitanța y_{17-s} reprezintă suma termenilor nedia-

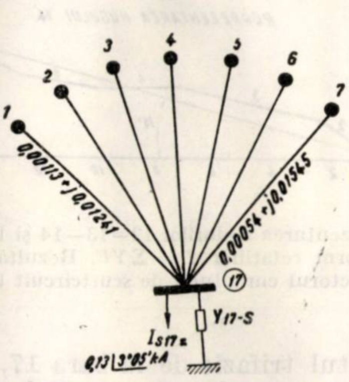

1
2
3
4
5
6
7
0,000113 + j0,01241
0,00054 + j0,01545
⑰
Y17-S
Is17 =
0,13 |3°05' kA

Fig. 4. Schema REI a nodului 17.

gonali din linia 17 a aceleiaşi matrice, din care s-a scăzut termenul diagonal respectiv. Aceasta revine la determinarea lui y_{17-s} din suma algebrică a tuturor termenilor din linia 17 a matricei la care ne referim, deoarece termenul diagonal este indicat, în relaţiile matriciale (8), (9) şi (10), aşa cum apare, cu semnul schimbat faţă de termenii nediagonali respectivi.

I_{s17} din schema REI, prezentată în figura 4, reprezintă curentul de sarcină din nodul 17, în regimul iniţial de funcţionare indicat în figura 2 (corespunzător puterii de 19,7 + j15,5 MVA).

4.3. *Determinarea curenţilor de scurtcircuit şi a componentelor lui*

Din elementele schemelor REI, determinate în modul arătat mai sus, rezultă direct valoarea, ca modul şi fază, a curentului de scurtcircuit în nodul respectiv. Astfel, în cazul scurtcircuitului trifazic la bara 17 a sistemului, valoarea curentului total de scurtcircuit, cu componentele corespunzătoare aportului tuturor generatoarelor din sistem, rezultă din relaţia de mai jos (partea B din relaţia matricială (7), pentru nodul 17):

$$\begin{aligned} I_{sc\,17} = {} & y_{17-1} E_1 + y_{17-2} E_2 + y_{17-3} E_3 + \\ & + y_{17-4} E_4 + y_{17-5} E_5 + y_{17-6} E_6 + \\ & + y_{17-7} E_7 = (3{,}42 - \mathrm{j}\,15{,}28)\ \mathrm{kA}, \end{aligned}$$

notaţiile corespunzînd relaţiei matriciale (10) şi schemei REI din figura 4.

În relaţia de mai sus, termenul $y_{17-1} E_1$ reprezintă aportul generatorului 1 (fig. 2) la scurtcircuitul trifazic de la bara 17, $y_{17-2} E_2$ — aportul generatorului 2 etc. Valorile tensiunilor electromotoare $E_1, E_2 \ldots E_7$ sînt cele reale determinate în regimul iniţial de funcţionare, înainte de producerea scurtcircuitului, valori indicate în figura 2.

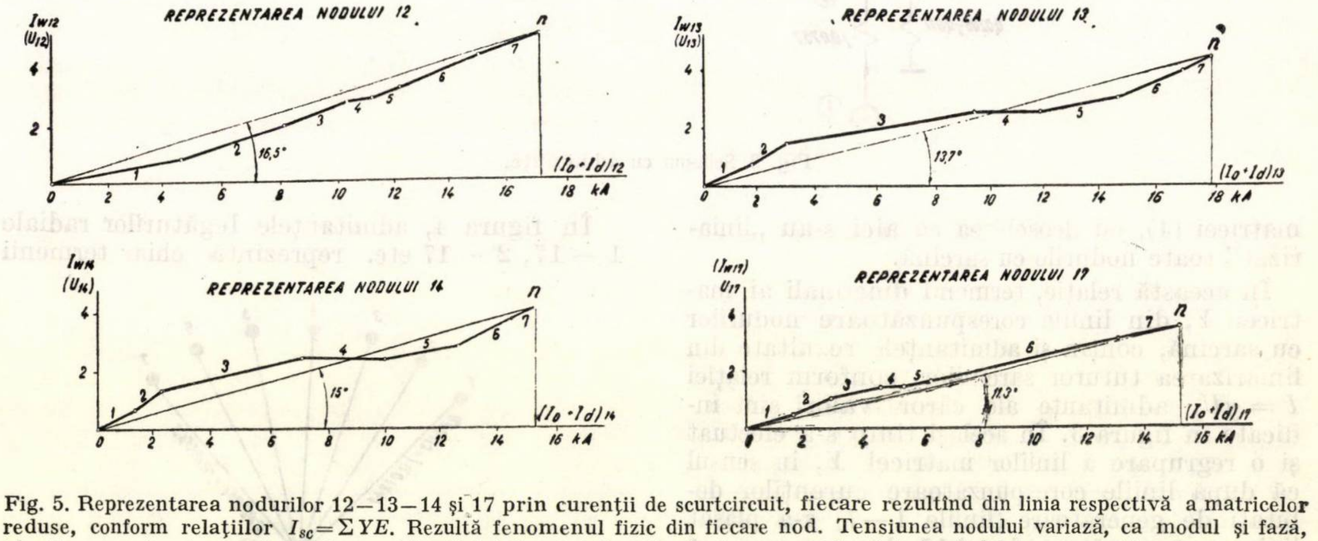


Fig. 5. Reprezentarea nodurilor 12—13—14 şi 17 prin curenţii de scurtcircuit, fiecare rezultînd din linia respectivă a matricelor reduse, conform relaţiilor $I_{sc} = \Sigma YE$. Rezultă fenomenul fizic din fiecare nod. Tensiunea nodului variază, ca modul şi fază, identic cu vectorul curentului de scurtcircuit total notat $0n$, ale cărui componente sînt, la rîndul lor, proporţionale cu tensiunile generatoarelor respective.

Valorile admitanţelor $y_{17-1} \ldots y_{17-7}$ corespund celor indicate în ultima linie a matricei Y din relaţia matricială (10).

Toate calculele au fost efectuate cu maşina electronică CIFA 2, folosind un program unitar.

4.4. *Schemele REI ale diverselor noduri şi imaginile lor*

Procedîndu-se în acelaşi mod ca mai sus, s-au determinat elementele schemelor REI referitoare la nodurile care interesează din sistemul energetic la care ne referim, simultan cu curenţii de scurtcircuit. Din elementele schemelor REI au rezultat, dintr-un singur calcul, pe lîngă valorile curenţilor şi puterilor de scurtcircuit trifazic (cu un grad de precizie mult mai mare decît cel corespunzător calculelor curente care utilizează reducerea schemelor pe modelul de curent continuu, cu aproximaţiile cunoscute), şi alte informaţii deosebit de importante în ceea ce priveşte funcţionarea sistemului energetic.

În figura 5 sînt reprezentate prin curenţii de scurtcircuit nodurile 12, 13, 14 şi 17 ale sistemului energetic considerat (fig. 2), reprezentări în care s-au utilizat elementele schemelor REI respective, obţinute la calculatorul CIFA 2.

Dintre problemele privind funcţionarea sistemului energetic care pot fi elucidate prin examinarea schemelor REI, referitoare la diverse noduri reale ale reţelei (în cazul de faţă bare de 110 kV ale staţiilor de transformare), menţionăm în primul rînd pe cele privind posibilităţile de reglaj al tensiunii prin modificarea prizelor transformatoarelor sau variaţia excitaţiei generatoarelor. Variaţiile de tensiune din nod apar cu multă claritate [1], deoarece:

a) tensiunea nodului variază ca mărime şi fază identic cu vectorul curentului de scurtcircuit total ($0n$, pe figura 5);

b) componentele acestui vector apar pe grafic cu importanța lor și variază, la rîndul lor, proporțional cu tensiunile generatoarelor respective (fig. 5).

Dintr-o examinare sumară a imaginilor nodale prezentate în figura 5 rezultă că reglajul prizelor la autotransformatorul conectat la bara 14 (fig. 2) nu are influență sensibilă asupra *modificării nivelului de tensiune* în rețea. Aceasta deoarece modulul vectorului 4 din figura 5 (care reprezintă curentul de scurtcircuit referitor la generatorul 4, conectat la bara 14 prin intermediul autotransformatorului menționat) reprezintă numai circa 5% din curentul total de scurtcircuit referitor la nodurile 12 și 17. Astfel, a rezultat că o modificare cu 10—20% a modulului vectorului 4 (ceea ce fizic se poate obține prin variația prizelor autotransformatorului sau excitației generatorului 4) nu contribuie la o majorare cu mai mult de 1—2% a nivelului de tensiune în rețea. Această concluzie este foarte utilă atît în alegerea gamei de reglaj a autotransformatorului respectiv cît și în ceea ce privește manevrele efectuate în exploatare pentru variația nivelului de tensiune în rețea.

O a doua problemă pe care o menționăm se referă la efectul *pendulării generatoarelor* din centralele electrice din zona respectivă. Din examinarea imaginilor nodale asociate schemelor REI se poate aprecia efectul acestor pendulări prin urmărirea variației modulului și fazei vectorului component respectiv și efectul produs asupra mărimii și fazei curentului de scurtcircuit total, care reprezintă în același timp și tensiunea din nod.

Această apreciere ușoară a efectului pendulării diverselor generatoare din rețea prezintă o deosebită importanță pentru proiectarea și reglajul protecției prin relee, atît din rețea cît și a generatoarelor.

Astfel, din figura 5 rezultă că pendularea generatorului 6 este periculoasă, deoarece provoacă o variație importantă a tensiunii în nodurile (bare de 110 kV) notate cu indicii 12, 13, 14 și 17, ceea ce poate conduce, în anumite situații, la funcționarea neselectivă a protecției de distanță în rețeaua de 110 kV din zonă.

În felul acesta poate fi utilă completarea sistemului de protecție care să asigure fie deconectarea generatorului 6, în cazul pendulărilor periculoase, provocate de scurtcircuite în apropierea uneia din barele de 110 kV — 12, 13, 14 sau 17 — fie blocarea protecției de pe anumite linii, în asemenea situații.

Utilizînd aceleași imagini nodale, se poate studia și efectul *compensării de putere reactivă* asupra reglajului tensiunii în rețea, în nodurile respective, precum și alte probleme, fără alt calcul.

4.5. *Rezultatele obținute în calculul curenților de scurtcircuit*

Pentru aprecierea gradului de aproximație în determinarea valorilor curenților și puterilor de scurtcircuit trifazic, calculul a fost efectuat în paralel atît cu calculatoarele cifrice, utilizînd procedeul indicat mai sus, cît și prin folosirea modelului de curent continuu în reducerea schemelor echivalente, în care caz s-au făcut aproximațiile cunoscute. În ambele cazuri s-a plecat de la aceeași schemă electrică a sistemului (fig. 2). Prin folosirea modelului de curent continuu s-au obținut valori ale puterilor de scurtcircuit cu 10—30% mai mici în comparație cu valorile rezultate din calculul exact, după procedeul indicat în articolul de față. Diferențele maxime au rezultat pentru scurtcircuitele la barele stațiilor ridicătoare.

Diferențe în același sens au rezultat și într-un studiu recent [2], în care se compară rezultatele obținute în calculul puterilor de scurtcircuit cu mașina electronică, în diverse ipoteze privind aproximațiile introduse în datele inițiale de calcul (cu și fără considerarea regimului inițial de funcționare, cu reactanțe sau impedanțe pentru circuitele echivalente etc.). Aceste diferențe sînt funcție de structura sistemului, de valoarea puterii reactive compensate etc.

Concluzii

1. Pe această cale se determină cu exactitate valorile curenților de scurtcircuit, ținînd seamă de sarcină, de regimul real de funcționare înainte de defect, precum și de aportul fiecărui generator în curentul total de scurtcircuit trifazic în diversele puncte ale sistemului.

2. Simultan cu curenții de scurtcircuit, fără nici un calcul în plus, se pot extrage schemele REI pentru diversele noduri, precum și imaginile nodale asociate acestora, pe care se pot apoi examina calitățile regimului în fiecare nod și diverse probleme de reglaj și protecție.

3. Din același calcul se obține o parte din admitanțele de transfer necesare calculelor de regim dinamic, în diverse ipoteze de scurtcircuit. În calculul scurtcircuitelor nesimetrice, mersul calculului este identic, introducîndu-se în matricea Y inițială șuntul echivalent defectului respectiv, după procedeul cunoscut.

Completări de program de tip identic pentru calculatoarele electronice conduc la determinarea valorilor tuturor admitanțelor de transfer, pentru toate nodurile sistemului și pentru diverse cazuri de scurtcircuit.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Conceptele și procedeele analizei nodale asociată calculatoarelor numerice.* Studii și cercetări de energetică, seria A, nr. 3, 1963.

[2] Shipley, R. B,. Coleman, D. și Nason, W. L. Short-circuit comparison study. Power Apparatus and Systems, febr. 1962.

Aplicarea criteriilor practice $\frac{dP}{d\delta}$ și $\frac{dP}{dU}$ în studiul stabilității statice a unui generator sincron

Ing. *G. V. CANTARAGIU*

1. Generalități

Aprecierea stabilității sau instabilității unui regim de funcționare al unui generator sincron prin aplicarea criteriilor practice $\frac{dP}{d\delta}$ sau $\frac{dP}{dU}$ constă în trasarea caracteristicilor de putere $P = P(\delta)$ sau $P = P(U)$ ale acestui generator și determinarea punctelor pentru care derivatele $\frac{dP}{d\delta}$ sau $\frac{dP}{dU}$ se anulează, puncte care se numesc critice deoarece reprezintă limita regimurilor de funcționare stabilă. În cazul în care punctul care reprezintă regimul permanent de funcționare se găsește pe porțiunea curbei $P = P(\delta)$, pentru care $\frac{dP}{d\delta} > 0$, sau pe porțiunea curbei $P = P(U)$, pentru care $\frac{dP}{dU} < 0$, se poate afirma că regimul studiat este stabil static. În caz contrar, cînd punctul care reprezintă regimul de funcționare permanentă se găsește pe porțiunea cu derivata negativă a curbei $P = P(\delta)$ sau pe porțiunea cu derivata pozitivă a curbei $P = P(U)$, regimul de funcționare considerat este instabil static.

Se consideră o schemă compusă din două generatoare sincrone G_1, G_2, care debitează putere pe barele unui consumator complex.

Metoda de calcul al caracteristicii de putere $P_1 = P_1(\delta_1)$ a generatorului G_1 este grafoanalitică. Pentru determinarea unui punct al acestei caracteristici se procedează la înrăutățirea regimului de funcționare, prin creșterea puterii active debitate de generatorul studiat. Determinarea tensiunii U a nodului și a unghiului δ_1 al tensiunii interne a generatorului G_1 se face prin trasarea caracteristicii $E_2 = E_2(U)$ (E_2 este tensiunea internă a generatorului G_2, care se descarcă de putere activă) și intersectarea ei cu dreapta $E_2 = E_{20} =$ ct. Punctul de intersecție corespunde tensiunii U, care se stabilește pe barele consumatorului în cazul creșterii puterii active debitate de generatorul G_1, unghiul δ_1 putînd fi determinat printr-un calcul simplu.

Calculul se efectuează pînă cînd caracteristica $E_2 = E_2(U)$ devine tangentă la dreapta $E_2 = E_{20} =$ ct. Acest punct de tangență corespunde punctului critic al caracteristicii $P_1 = P_1(U)$, adică valorii critice a tensiunii nodului, scăderea tensiunii sub această valoare ducînd în mod nemijlocit la pierderea stabilității statice a generatorului G_1.

Metoda descrisă are următoarele dezavantaje, care fac ca aplicarea ei să fie mult îngreuiată:

— trasarea curbei $E_2 = E_2(U)$ pentru un regim de funcționare înrăutățit este dificilă, deoarece tensiunile nodului trebuie alese în așa fel încît, efectuînd întreg calculul electric de determinare a tensiunii interne E_2, să se obțină valori apropiate de tensiunea internă în regim permanent de funcționare E_{20};

— tensiunea nodului obținută prin intersectarea curbei $E_2 = E_2(U)$ cu dreapta $E_2 = E_{20} =$ ct. nu are valoarea reală din cauza erorilor grafice;

— determinarea puterii critice, deci a punctului de tangență între curba $E_2 = E_2(U)$ și dreapta $E_2 = E_{20} =$ ct., este practic imposibilă; deci punctul critic nu poate fi găsit cu exactitate.

În cele ce urmează se vor da metode analitice și grafo-analitice de calcul al caracteristicilor de putere, metode care nu necesită trasarea curbelor $E_2 = E_2(U)$ și au avantajul unei mari ușurințe a calculelor.

2. Criteriul $\frac{dP}{d\delta}$. Metoda analitică de calcul a caracteristicii de putere $P = P(\delta)$

Se consideră schema compusă din două generatoare sincrone și un consumator, reprezentată în figura 1.

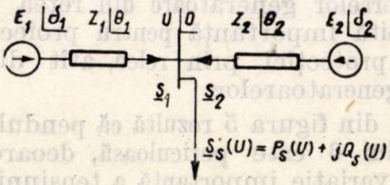


Fig. 1.

Se fac următoarele notații:

$\underline{E}_1 \underline{|\delta_1}$, $\underline{E}_2 \underline{|\delta_2}$ — tensiunile interne ale generatoarelor;

$U \underline{|0}$ — tensiunea barelor consumatorului;

$Z_1 \underline{|\theta_1}$, $Z_2 \underline{|\theta_2}$ — impedanțele ramurilor generatoare;

$\underline{S}_1 = P_1 + jQ_1$, $\underline{S}_2 = P_2 + jQ_2$ — puterile aparente complexe debitate de generatoare;

$\underline{S}_s(U) = P_s(U) + jQ_s(U)$ — puterea aparentă complexă absorbită de consumator.

Criteriul practic $\frac{dP}{d\delta}$ se aplică în următoarele ipoteze de calcul:

— tensiunile interne ale generatoarelor se consideră constante;

— impedanțele ramurilor generatoare sînt constante;

— puterile absorbite de consumatori variază în funcție de tensiune, după caracteristicile statice ale sarcinii.

Pentru aplicarea criteriului $\frac{dP}{d\delta}$ generatorului G_1, este necesar a se trasa caracteristica $P_1 = P_1(\delta_1)$ a acestui generator și a se determina limita stabilității statice care corespunde punctului critic al caracteristicii, în care derivata $\frac{dP_1}{d\delta_1}$ se anulează.

Pentru orice regim de funcționare a generatoarelor G_1, G_2 sînt satisfăcute următoarele relații:

$$P_1 = \frac{E_1 U}{Z_1} \sin(\delta_1 + \alpha_1) - \frac{U^2}{Z_1} \sin \alpha_1 \tag{2.1}$$

$$Q_1 = \frac{E_1 U}{Z_1} \cos(\delta_1 + \alpha_1) - \frac{U^2}{Z_1} \cos \alpha_1 \tag{2.2}$$

$$P_2 = \frac{E_2 U}{Z_2} \sin(\delta_2 + \alpha_2) - \frac{U^2}{Z_2} \sin \alpha_2 \tag{2.3}$$

$$Q_2 = \frac{E_2 U}{Z_2} \cos(\delta_2 + \alpha_2) - \frac{U^2}{Z_2} \cos \alpha_2 \tag{2.4}$$

$$P_1 + P_2 = P_s(U) \tag{2.5}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_s(U), \tag{2.6}$$

în care unghiurile α sînt complementele unghiurilor θ, celelalte notații avînd semnificațiile menționate.

Înlocuind expresiile puterilor active și reactive debitate de generatoare în relațiile de bilanț (2.5) și (2.6), se obține:

$$\begin{aligned} \frac{E_1 U}{Z_1} \sin(\delta_1 + \alpha_1) + \frac{E_2 U}{Z_2} \sin(\delta_2 + \alpha_2) = \\ = P_s(U) + GU^2 \end{aligned} \tag{2.7}$$

$$\begin{aligned} \frac{E_1 U}{Z_1} \cos(\delta_1 + \alpha_1) + \frac{E_2 U}{Z_2} \cos(\delta_2 + \alpha_2) = \\ = Q_s(U) + BU^2, \end{aligned} \tag{2.8}$$

în care s-au notat prin G și B, respectiv, conductanța și susceptanța totală a nodului:

$$G = \frac{\sin \alpha_1}{Z_1} + \frac{\sin \alpha_2}{Z_2} \tag{2.9}$$

$$B = \frac{\cos \alpha_1}{Z_1} + \frac{\cos \alpha_2}{Z_2} \tag{2.10}$$

Relațiile (2.7) și (2.8) formează un sistem trigonometric de ecuații cu necunoscutele δ_1, δ_2, sistem care poate fi rezolvat după metoda dată mai jos.

Se ridică la pătrat relațiile (2.7) și (2.8) și se adună, găsindu-se după unele transformări elementare:

$$\begin{aligned} 2\frac{E_1 E_2}{Z_1 Z_2} U^2 \cos(\delta_1 - \delta_2 + \alpha_1 - \alpha_2) = [P_s(U) + \\ + GU^2]^2 + [Q_s(U) + BU^2]^2 - \left(\frac{E_1^2}{Z_1^2} + \frac{E_2^2}{Z_2^2}\right) U^2 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Făcînd notațiile:

$$\varphi(U) = \arccos \Phi_2(U) \tag{2.12}$$

$$\Phi(U) = \frac{[P_s(U) + GU^2]^2 + [Q_s(U) + BU^2]^2}{K_1 U^2} - K_2,$$

unde: (2.13)

$$K_1 = 2\frac{E_1 E_2}{Z_1 Z_2} \tag{2.14}$$

$$K_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{E_1 Z_2}{E_2 Z_1} + \frac{E_2 Z_1}{E_1 Z_2}\right), \tag{2.15}$$

din (2.11) se deduce:

$$\delta_1 - \delta_2 = \alpha_2 - \alpha_1 + \varphi(U). \tag{2.16}$$

Vom numi funcția $\Phi(U)$ funcția caracteristică a nodului.

Făcînd notația:

$$\psi_1(U) = \alpha_1 - \varphi(U), \tag{2.17}$$

scoțînd din relația (2.16) expresia lui δ_2 și înlocuind-o în (2.7), se obține:

$$\begin{aligned} \frac{E_1 U}{Z_1} \sin(\delta_1 + \alpha_1) + \frac{E_2 U}{Z_2} \sin[\delta_1 + \psi_1(U)] = \\ = P_s(U) + GU^2. \end{aligned} \tag{2.18}$$

Dezvoltînd sinusul sumei unghiurilor și notînd:

$$A_1(U) = \frac{E_1 U}{Z_1} \cos \alpha_1 + \frac{E_2 U}{Z_2} \cos \psi_1(U) \tag{2.19}$$

$$B_1(U) = \frac{E_1 U}{Z_1} \sin \alpha_1 + \frac{E_2 U}{Z_2} \sin \psi_1(U) \tag{2.20}$$

$$C_1(U) = P_s(U) + GU^2, \tag{2.21}$$

se ajunge la o ecuație de forma:

$$A_1(U) \sin \delta_1 + B_1(U) \cos \delta_1 = C_1(U), \tag{2.22}$$

pe care o vom numi ecuația caracteristică de funcționare a generatorului G_1.

Rezolvarea acestei ecuații se poate face prin mai multe procedee. Se indică în cele ce urmează o metodă care are avantajul că nu introduce rădăcini străine.

Se consideră identitatea:

$$\begin{aligned} [A_1(U) \sin \delta_1 + B_1(U) \cos \delta_1]^2 + [A_1(U) \cos \delta_1 - \\ - B_1(U) \sin \delta_1]^2 = A_1^2(U) + B_1^2(U). \end{aligned} \tag{2.23}$$

Ținînd seamă de ecuația (2.22), rezultă:

$$A_1(U)\cos\delta_1 - B_1(U)\sin\delta_1 = \pm$$
$$\pm\sqrt{A_1^2(U)+B_1^2(U)-C_1^2(U)}. \qquad (2.24)$$

Valorile $\sin\delta_1$ și $\cos\delta_1$ se obțin din sistemul de ecuații format din relațiile (2.22) și (2.24). Rezolvînd acest sistem în raport de $\sin\delta_1$, se găsește:

$$\sin\delta_1 = \frac{A_1(U)\,C_1(U)\mp B_1(U)\sqrt{A_1^2(U)+B_1^2(U)-C_1^2(U)}}{A_1^2(U)+B_1^2(U)}, \qquad (2.25)$$

de unde se scoate:

$$\delta_1(U) = \arcsin\Delta_1(U), \qquad (2.26)$$

în care s-a notat:

$$\Delta_1(U) = \frac{A_1(U)C_1(U)\mp B_1(U)\sqrt{A_1^2(U)+B_1^2(U)-C_1^2(U)}}{A_1^2(U)+B_1^2(U)}. \qquad (2.27)$$

Expresia (2.27) a funcției $\Delta_1(U)$ poate fi adusă la o formă mai simplă.

Ținînd seamă de relațiile (2.19), (2.20) și (2.21), se obține:

$$A_1^2(U)+B_1^2(U) = K_1\,[K_2+\Phi(U)]\,U^2 \qquad (2.28)$$

$$\sqrt{A_1^2(U)+B_1^2(U)-C_1^2(U)} = Q_s(U)+BU^2. \qquad (2.29)$$

Înlocuind în (2.27) expresiile coeficienților ecuației caracteristice și relațiile (2.28), (2.29) și notînd:

$$\operatorname{tg}\mu(U) = \frac{Q_s(U)+BU^2}{P_s(U)+GU^2}, \qquad (2.30)$$

după cîteva transformări se ajunge în final la următoarea expresie pentru $\Delta_1(U)$:

$$\Delta_1(U) = \frac{\dfrac{E_1}{Z_1}\cos\,[\alpha_1\pm\mu(U)] + \dfrac{E_2}{Z_2}\cos\,[\psi_1(U)\pm\mu(U)]}{\sqrt{K_1\,[K_2+\Phi(U)]}}. \qquad (2.31)$$

Pentru o anumită valoare a tensiunii nodului se obțin în general două valori distincte ale funcției $\Delta_1(U)$. Soluția ecuației (2.26) este cea care corespunde valorii $\Delta_1(U)$ cu semnul plus în fața unghiului $\mu(U)$. Cealaltă soluție este străină și este introdusă datorită ridicării la pătrat a relațiilor (2.7) și (2.8).

Practic, pentru calculul caracteristicii de putere $P_1 = P_1(\delta_1)$ se procedează astfel:

— se fixează valoarea tensiunii U a nodului pentru regimul de funcționare înrăutățit;

— se calculează după formula (2.13) funcția caracteristică a nodului;

— se determină unghiul $\psi_1(U)$ folosind relațiile (2.12) și (2.17);

— se determină unghiul $\mu(U)$ folosind formula (2.30);

— se găsește funcția $\Delta_1(U)$ și, rezolvînd ecuația trigonometrică (2.26), se află unghiul $\delta_1(U)$;

— pentru determinarea puterii debitate de generatorul G_1 se utilizează relația (2.1).

Pentru o anumită tensiune U a nodului, problema determinării perechii de valori (P_1, δ_1) nu este totdeauna posibilă.

Pentru tensiunea U, cuprinsă în intervalul

$$U_{min} \leqslant U \leqslant U_{max}, \qquad (2.32)$$

extremele acestui interval fiind valori pentru care funcția caracteristică a nodului devine egală în modul cu 1,

$$\Phi(U_{min}) = -1, \quad \Phi(U_{max}) = +1, \qquad (2.33)$$

utilizînd metoda descrisă mai sus se poate determina perechea de valori (P_1, δ_1), indiferent dacă regimul de funcționare caracterizat de aceste valori este stabil static sau nu.

Pentru ca relațiile (2.1) ... (2.6) să fie satisfăcute este necesar ca:

$$|\Phi(U)| \leqslant 1 \qquad (2.34)$$

și ca ecuația trigonometrică simplă (2.26) să admită soluții în intervalul (2.32).

Conform definiției (2.33), inegalitatea (2.34) are loc pentru valori ale tensiunii cuprinse în intervalul (2.32).

Vom demonstra că ecuația trigonometrică (2.26) admite soluții pentru $U > 0$.

Condițiile necesare și suficiente pentru ca ecuația (2.26) să aibă soluții sînt:

$$A_1^2(U)+B_1^2(U)-C_1^2(U) \geqslant 0 \qquad (2.35)$$

$$|\Delta_1(U)| \leqslant 1. \qquad (2.36)$$

Condiția (2.35) este satisfăcută pentru $U \geqslant 0$, și acest lucru este evident dacă se ține seamă de identitatea (2.29).

Condiția (2.36) este totdeauna îndeplinită, deoarece inegalitatea:

$$\frac{|A_1(U)|\,|C_1(U)| + |B_1(U)|\sqrt{A_1^2(U)+B_1^2(U)-C_1^2(U)}}{A_1^2(U)+B_1^2(U)} \leqslant 1, \qquad (2.37)$$

este echivalentă cu

$$(|A_1(U)| - |C_1(U)|)^2 \geqslant 0, \qquad (2.38)$$

și aceasta din urmă are loc pentru $A_1(U) \gtrless C_1(U)$.

Deci în intervalul (2.32) problema determinării perechii de valori (P_1, δ_1), în funcție de tensiunea U, este posibilă.

Pentru tensiunea U, cuprinsă în intervalul

$$0 \leqslant U \leqslant U_{max}, \qquad (2.39)$$

se poate determina perechea de valori (P_1, δ_1) numai dacă

$$K_2 = 1, \qquad (2.40)$$

adică dacă curenții de scurtcircuit în sarcină ai celor două generatoare sînt egali.

Dacă există relația (2.40) pentru $U = 0$, ecuația trigonometrică (2.26) admite o infinitate de soluții cuprinse în intervalul

$$-\infty \leqslant \delta_1 (U) \leqslant +\infty. \qquad (2.41)$$

Pentru ca în intervalul (2.39) să existe funcția caracteristică a nodului, este necesar ca pentru $U \to 0$ să avem:

$$\lim_{U\to 0} \Phi (U) = -1. \qquad (2.42)$$

Pe de altă parte, din definiția funcției $\Phi (U)$ rezultă:

$$\lim_{U\to 0} \Phi (U) = -K_2, \qquad (2.43)$$

ceea ce demonstrează condiția (2.40).

Funcția $\Delta_1 (U)$ există în intervalul

$$0 < U \leqslant U_{max}, \qquad (2.44)$$

deoarece sînt îndeplinite condițiile (2.35), (2.36).

Pentru $U = 0$, funcția $\Delta_1 (U)$ poate avea orice valoare cuprinsă în intervalul

$$-1 \leqslant \Delta_1(0) \leqslant +1, \qquad (2.45)$$

deoarece

$$\lim_{U\to 0} A_1 (U) = 0 \qquad (2.46)$$

$$\lim_{U\to 0} B_1 (U) = 0 \qquad (2.47)$$

$$\lim_{U\to 0} C_1 (U) = 0 \qquad (2.48)$$

și deci $\lim\limits_{U\to 0} \Delta_1 (U)$ este o formă nedeterminată de tipul $\frac{0}{0}$, care nu poate fi ridicată. Deci unghiul $\delta_1 (U)$ poate lua orice valoare în intervalul (2.41).

Din considerațiile făcute mai sus rezultă că pentru a fi satisfăcute relațiile (2.1) ... (2.6) este necesar ca tensiunea U să varieze în intervalul (2.32), indiferent dacă regimul de funcționare caracterizat de valoarea tensiunii nodului este stabil static sau nu. Valoarea maximă a tensiunii U face funcția caracteristică a nodului egală cu $+1$ și poate fi determinată prin intersectarea curbei $\Phi (U)$ cu dreapta $\Phi_{max} = 1$. Dacă $K_2 > 1$ pentru valori ale tensiunii cuprinse în intervalul $0 \leqslant U < U_{min}$ nu poate exista nici un regim de funcționare în afară soluției banale $U = 0$, care satisface relațiile (2.1) ... (2.6), în care caz unghiurile δ_1, δ_2 sînt arbitrare.

3. Criteriul $\frac{dP}{dU}$. Metoda analitică de calcul al caracteristicii de putere $P = P(U)$.

În capitolul 2 s-a propus o metodă analitică de calcul al caracteristicii de putere $P_1 = P_1\ (\delta_1)$, a cărei aplicare constă în determinarea unghiului δ_1 prin rezolvarea ecuației caracteristice de funcționare a generatorului G_1 și calcularea puterii active P_1 în funcție de tensiunea U și unghiul δ_1.

Este însă posibilă determinarea puterii active P_1 numai în funcție de tensiunea U, folosind metoda analitică descrisă în cele ce urmează.

Se consideră relațiile (2.1) ... (2.6), care caracterizează regimurile de funcționare a generatoarelor sincrone G_1, G_2.

Eliminînd unghiurile δ_1 și δ_2, respectiv, între relațiile (2.1), (2.2) și (2.3), (2.4) se obține:

$$(P_1 + G_1 U^2)^2 + (Q_1 + B_1 U^2)^2 = Y_1^2 E_1^2 U^2 \qquad (3.1)$$

$$(P_2 + G_2 U^2)^2 + (Q_2 + B_2 U^2)^2 = Y_2^2 E_2^2 U^2. \qquad (3.2)$$

Din relațiile (2.5), (2.6) se explicitează P_2, Q_2 și se introduc în (3.2), găsindu-se:

$$[P_1 - P_s(U) - G_2 U^2]^2 + [Q_1 - Q_s(U) - B_2 U^2]^2 = \\ = Y_2^2 E_2^2 U^2. \qquad (3.3)$$

Dezvoltînd pătratele și scăzînd relațiile (3.1) și (3.3) se obține după transformări elementare:

$$2\,[P_s(U) + GU^2]\,P_1 + 2\,[Q_s(U) + BU^2]\,Q_1 = \\ = (Y_1^2 E_1^2 - Y_2^2 E_2^2)\,U^2 - Y_1^2\,U^4 + \\ + [P_s(U) + G_2 U^2]^2 + [Q_s(U) + B_2 U^2]^2, \qquad (3.4)$$

de unde rezultă:

$$Q_1 = x(U) - y(U)\,P_1, \qquad (3.5)$$

în care s-a notat:

$$x(U) = \frac{(Y_1^2 E_1^2 - Y_2^2 E_2^2) U^2 - Y_1^2 U^4 + [P_s(U) + G_2 U^2]^2}{2\,[Q_s(U) + BU^2]} + \\ + \frac{[Q_s(U) + B_2 U^2]^2}{2\,[Q_s(U) + BU^2]} \qquad (3.6)$$

$$y(U) = \frac{P_s(U) + GU^2}{Q_s(U) + BU^2}. \qquad (3.7)$$

Substituind pe Q_1 din (3.5) în (3.1), această relație devine:

$$(P_1 + G_1 U^2)^2 + (x - yP_1 + B_1 U^2)^2 = Y_1^2 E_1^2 U^2, \qquad (3.8)$$

sau dezvoltînd pătratele și ordonînd termenii după puterile descrescătoare ale lui P_1:

$$X(U)\,P_1^2 + Y(U)\,P_1 + Z(U) = 0, \qquad (3.9)$$

unde s-a notat:

$$X(U) = 1 + y^2 \neq 0 \qquad (3.10)$$

$$Y(U) = 2\,[(G_1 - B_1 y)\,U^2 - xy] \qquad (3.11)$$

$$Z(U) = [Y_2^2 (U^2 - E_1^2) + 2 B_1 x]\,U^2 + x^2. \qquad (3.12)$$

Vom numi ecuația (3.9) ecuația caracteristică de funcționare a generatorului G_1.

Pentru șirul de valori date tensiunii:

$$U_1, U_2, \ldots, U_n, \qquad (3.13)$$

astfel ca $U_k > U_{k+1}\,(K = 1, 2, \ldots, n-1)$, se obțin două șiruri de soluții ale ecuației caracteristice:

$$P_{11}^{(1)},\ P_{12}^{(1)},\ \ldots,\ P_{1n}^{(1)}, \tag{3.14}$$

astfel ca

$$P_{1k}^{(1)} > P_{1,k+1}^{(1)}$$

și

$$P_{11}^{(2)},\ P_{12}^{(2)},\ \ldots,\ P_{1n}^{(2)}, \tag{3.15}$$

astfel ca

$$P_{1k}^{(2)} < P_{1,k+1}^{(2)}.$$

Șirul (3.15) corespunde caracteristicii $P_1 = P_1(U)$ în cazul înrăutățirii regimurilor de funcționare prin creșterea puterii active debitate de generatorul G_1. Șirul (3.14) este un șir de soluții străine introduse datorită ridicării la pătrat a relațiilor (2.1) ... (2.4).

Tensiunea maximă a nodului anulează discriminantul ecuației (3.9):

$$Y^2(U_{max}) - 4X(U_{max})\,Z(U_{max}) = 0. \tag{3.16}$$

Pentru calculul caracteristicii $P_1 = P_1(U)$ prin metoda descrisă se procedează astfel:

— se calculează $x(U)$, $y(U)$ folosind formulele (3.6), (3.7);

— se determină coeficienții ecuației caracteristice X, Y, Z, după relațiile (3.10), (3.11), (3.12);

— se rezolvă ecuația (3.9), alegîndu-se soluția ce face parte din șirul (3.15).

Dacă se notează cu $F(U, P_1)$ membrul stîng al ecuației caracteristice, derivata $\frac{\mathrm{d}P_1}{\mathrm{d}U}$ se găsește considerînd F ca fiind o funcție implicită.

$$\frac{\mathrm{d}P_1}{\mathrm{d}U} = -\frac{\dfrac{\partial F}{\partial U}}{\dfrac{\partial F}{\partial P_1}} = -\frac{\dfrac{\mathrm{d}X}{\mathrm{d}U}P_1^2 + \dfrac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}U}P_1 + \dfrac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}U}}{2XP_1 + Y}. \tag{3.17}$$

În punctul critic al caracteristicii $P_1 = P_1(U)$, $\frac{\mathrm{d}P_1}{\mathrm{d}U} = 0$;

deci:

$$\left(\frac{\mathrm{d}X}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}} P_{1cr}^2 + \left(\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}} P_{1cr} + \left(\frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}} = 0. \tag{3.18}$$

Rezultă că trinoamele $F(U_{cr}, P_{1cr})$ și $F'_U(U_{cr}, P_{1cr})$ admit o rădăcină comună, adică rezultantul lor este nul:

$$\left[X(U_{cr})\left(\frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}} - Z(U_{cr})\left(\frac{\mathrm{d}X}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}}\right]^2 - \left[X(U_{cr})\left(\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}} - Y(U_{cr})\left(\frac{\mathrm{d}X}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}}\right]\left[Y(U_{cr})\left(\frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}} - Z(U_{cr})\left(\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}U}\right)_{U=U_{cr}}\right] = 0. \tag{3.19}$$

Relația între coeficienții ecuației caracteristice și derivatele lor de primul ordin (3.19) caracterizează regimul critic de funcționare a generatorului G_1.

Metoda prezentată mai sus poate fi aplicată și sub altă formă, în care se calculează mai întîi componenta activă a curentului de sarcină debitat de generatorul studiat și apoi puterea activă produsă de acest generator.

Împărțind relațiile (3.1) și (3.3) cu U^2, se obține:

$$(I_{p1} + I_{0p1})^2 + (I_{q1} + I_{0q1})^2 = I_{sc_1}^2 \tag{3.20}$$

$$[I_{p_1} - I_{ps}(U) - I_{0p_2}]^2 + [I_{q1} - I_{qs}(U) - I_{0q2}]^2 = I_{sc_2}^2, \tag{3.21}$$

în care:

$$\underline{I}_1 = I_{p_1} + \mathrm{j}I_{q1} \tag{3.22}$$

$$\underline{I}_2 = I_{p_2} + \mathrm{j}I_{q2} \tag{3.23}$$

sînt curenții de sarcină ai generatoarelor.

$$\underline{I}_s(U) = I_{ps}(U) + \mathrm{j}\,I_{qs}(U) \tag{3.24}$$

este curentul absorbit de consumator, iar

$$\underline{I}_{01} = I_{0p1} + \mathrm{j}I_{0q1} = \underline{Y}_1^x\,U \tag{3.25}$$

$$\underline{I}_{02} = I_{0p2} + \mathrm{j}I_{0q2} = \underline{Y}_2^x\,U \tag{3.26}$$

sînt curenții de scurtcircuit în gol ai generatoarelor.

Notînd:

$$v = I_{p1} + I_{0p1} \tag{3.27}$$

$$w = I_{q1} + I_{0q1}, \tag{3.28}$$

relațiile (3.20) și (3.21) devin:

$$v^2 + w^2 = I_{sc_1}^2 \tag{3.29}$$

$$[v - I'_{ps}(U)]^2 + [w - I'_{qs}(U)]^2 = I_{sc_2}^2, \tag{3.30}$$

în care

$$\underline{I}'_s(U) = I'_{ps}(U) + \mathrm{j}I'_{qs}(U) = \underline{I}_s(U) + \underline{I}_{01} + \underline{I}_{02} \tag{3.31}$$

este suma curenților de scurtcircuit în sarcină ai generatoarelor.

Rezolvînd sistemul format din ecuațiile (3.29), (3.30), se găsește că v este o rădăcină a ecuației:

$$I_s'^2\,v^2 - 2\,KI'_{ps}\,v + K^2 - I_{sc1}^2\,I_{qs}'^2 = 0, \tag{3.32}$$

unde:

$$K = \frac{I_{sc1}^2 - I_{sc2}^2 + I_s'^2}{2}, \tag{3.33}$$

iar w este:

$$w = \frac{K}{I'_{qs}} - \frac{I'_{ps}}{I'_{qs}}\,v. \tag{3.34}$$

Cunoscînd pe v, se poate determina:

$$P_1 = I_{p1}\, U = (v - I_{0p1})\, U \qquad (3.35)$$

$$\delta_1 = \operatorname{arc\,tg} \frac{I'_{qs}\, v}{K - I'_{ps}\, v} - \alpha_1. \qquad (3.36)$$

Pentru calculul perechii de valori (P_1, δ_1) pentru o anumită tensiune a nodului, se procedează astfel:

— se determină, conform relațiilor (3.25), (3.26), curenții de scurtcircuit în gol ai generatoarelor;

— se calculează curentul $I'_s(U)$ din (3.31);

— se calculează K din (3.33) și se rezolvă ecuația (3.32), determinîndu-se v;

— se calculează P_1, δ_1 din relațiile (3.35), (3.36).

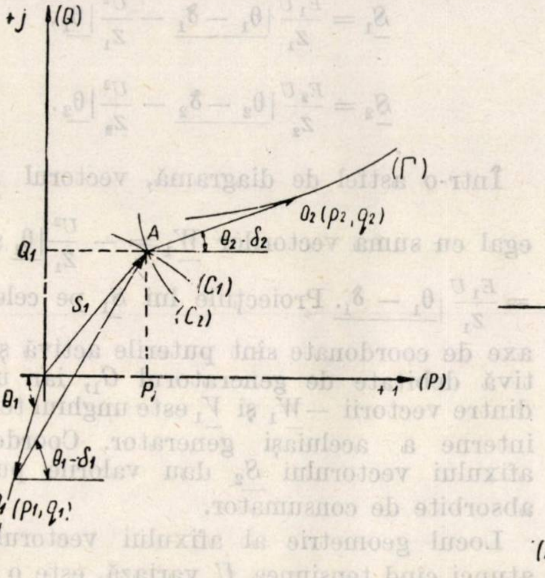


Fig. 2.

Determinarea unghiului δ_1 se poate face fără a calcula în prealabil componenta activă a curentului debitat de generatorul G_1.

Folosind coordonatele polare r_1, ω_1, legate de coordonatele carteziene v, w prin relațiile:

$$\begin{aligned} v &= r_1 \sin \omega_1 \\ w &= r_1 \cos \omega_1, \end{aligned} \qquad (3.37)$$

ecuațiile (3.29) și (3.30) devin:

$$r_1 = I_{sc1} \qquad (3.38)$$

$$I'_{ps} \sin \omega_1 + I'_{qs} \cos \omega_1 = T, \qquad (3.39)$$

unde s-a notat:

$$T = \frac{K}{I_{sc1}}. \qquad (3.40)$$

Relația (3.39) este o ecuație caracteristică de funcționare a generatorului G_1, de tipul (2.22).

Din (3.39) se deduce:

$$\delta_1 = \arcsin \frac{I'_{ps}\, T \mp I'_{qs} \sqrt{I'^2_s - T^2}}{I'^2_s} - \alpha_1, \qquad (3.41)$$

puterea activă P_1 putînd fi determinată conform relației (3.35).

În general, pentru unghiul δ_1 se obțin două valori, dintre care convine numai valoarea ce corespunde semnului minus din fața radicalului.

Se observă că metodele de determinare a perechii de valori (P_1, δ_1) prin rezolvarea ecuațiilor caracteristice (3.32) și (3.39) sînt identice din punctul de vedere al ușurinței calculelor, astfel încît folosirea uneia sau a celeilalte metode rămîne la aprecierea calculatorului.

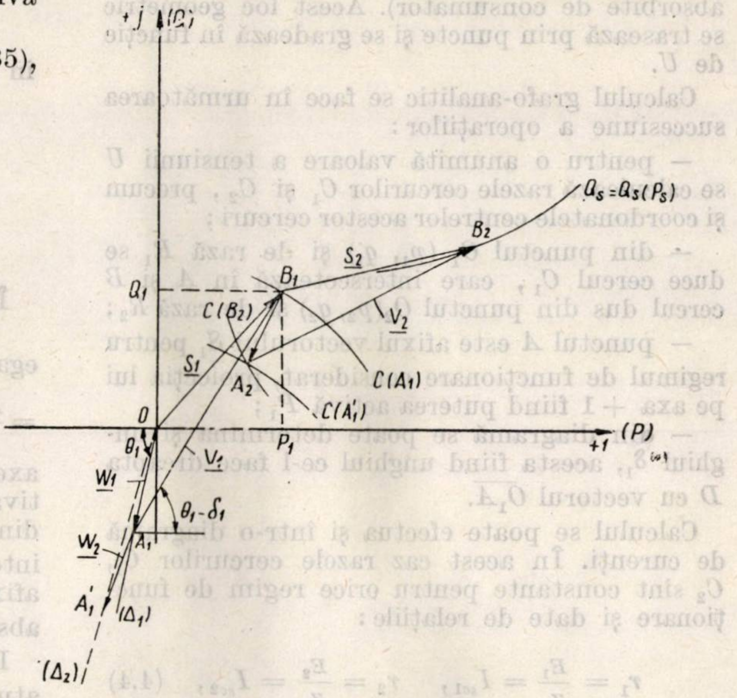


Fig. 3.

4. Criteriul $\frac{dP}{dU}$. Metode grafo-analitice de calcul al caracteristicii $P = P(U)$

1. Problema determinării puterii active P_1 pentru un regim de funcționare înrăutățit, soluționată analitic în capitolul 3, este susceptibilă de o interpretare și soluționare pe cale grafo-analitică.

Se observă că relațiile (3.1), (3.3) sînt ecuațiile a două familii de cercuri ce depind de parametrul U.

Razele acestor cercuri sînt date de relațiile:

$$R_1 = \frac{E_1\, U}{Z_1}, \quad R_2 = \frac{E_2\, U}{Z_2}, \qquad (4.1)$$

iar coordonatele centrelor cercurilor sînt:

$$p_1 = -G_1 U^2, \quad q_1 = -B_1 U^2 \qquad (4.2)$$

$$p_2 = P_s(U) + G_2 U^2, \quad q_2 = Q_s(U) + B_2 U^2. \qquad (4.3)$$

Locul geometric al centrelor cercurilor reprezentate de ecuaţia (3.1) este o dreaptă (D) de coeficient unghiular $\mu = \operatorname{tg} \theta_1$. Această dreaptă se gradează parabolic în funcţie de U.

Locul geometric al centrelor cercurilor reprezentate de ecuaţia (3.3) este o curbă a cărei expresie analitică nu se poate găsi decît în unele cazuri particulare (cînd se fac ipoteze simplificatoare asupra legilor de variaţie a puterii absorbite de consumator). Acest loc geometric se trasează prin puncte şi se gradează în funcţie de U.

Calculul grafo-analitic se face în următoarea succesiune a operaţiilor:

— pentru o anumită valoare a tensiunii U se calculează razele cercurilor C_1 şi C_2, precum şi coordonatele centrelor acestor cercuri;

— din punctul O_1 (p_1, q_1) şi de rază R_1 se duce cercul C_1, care intersectează în A şi B cercul dus din punctul $O_2(p_2, q_2)$ şi de rază R_2;

— punctul A este afixul vectorului $\underline{S}_1$ pentru regimul de funcţionare considerat, proiecţia lui pe axa $+1$ fiind puterea activă P_1;

— din diagramă se poate determina şi unghiul δ_1, acesta fiind unghiul ce-l face dreapta D cu vectorul $\overline{O_1A}$.

Calculul se poate efectua şi într-o diagramă de curenţi. În acest caz razele cercurilor C_1, C_2 sînt constante pentru orice regim de funcţionare şi date de relaţiile:

$$r_1 = \frac{E_1}{Z_1} = I_{sc1}, \quad r_2 = \frac{E_2}{Z_2} = I_{sc2}, \qquad (4.4)$$

iar coordonatele centrelor aceloraşi cercuri sînt:

$$i_{p1} = -G_1 U; \quad i_{q1} = -B_1 U \qquad (4.5)$$

$$i_{p2} = I_{ps}(U) + G_2 U; \quad i_{q2} = I_{qs}(U) + B_2 U, \qquad (4.6)$$

în care $I_{ps}(U)$, $I_{qs}(U)$ sînt componentele activă şi reactivă ale curentului de sarcină absorbit de consumator.

Puterea activă P_1 se determină ca fiind produsul dintre componenta activă a curentului debitat de generatorul G_1 şi tensiunea regimului de funcţionare considerat.

Dacă se fac ipotezele simplificatoare:

$$P_s(U) = P_c = \text{const.}, \quad Q_s(U) = b_s U^2, \qquad (4.7)$$

ecuaţia locului geometric al centrelor cercurilor C_2 este:

$$\frac{p_2}{P_c} + \frac{q_2}{\dfrac{(b_s + B_2)\, P_c}{G_2}} = 1 \qquad (4.8)$$

în cazul diagramei de puteri, sau

$$G_2 I_{q2}^2 - (b_s + B_2)\, I_{p2} I_{q2} + (b_s + B_2)^2\, P_c = 0, \qquad (4.9)$$

în cazul diagramei de curenţi.

Se constată că aplicarea metodei grafo-analitice în cazul ipotezelor simplificatoare (4.7) nu aduce o uşurare a calculelor, în afară de faptul că se pot determina coordonatele centrelor familiei de cercuri C_2 pe cale analitică.

2. Calculul caracteristicii de putere $P_1 = P_1(U)$ se mai poate efectua pornind de la reprezentarea într-o diagramă $+1$, $+j$ a ecuaţiei de bilanţ a puterilor:

$$\underline{S}_1 + \underline{S}_2 = P_s(U) + jQ_s(U), \qquad (4.10)$$

în care $\underline{S}_1$, $\underline{S}_2$ au expresiile:

$$\underline{S}_1 = \frac{E_1 U}{Z_1} \underline{|\theta_1 - \delta_1} - \frac{U^2}{Z_1} \underline{|\theta_1}, \qquad (4.11)$$

$$\underline{S}_2 = \frac{E_2 U}{Z_2} \underline{|\theta_2 - \delta_2} - \frac{U^2}{Z_2} \underline{|\theta_2}. \qquad (4.12)$$

Într-o astfel de diagramă, vectorul $\underline{S}_1$ este egal cu suma vectorilor $\underline{W}_1 = -\frac{U^2}{Z_1} \underline{|\theta_1}$ şi $\underline{V}_1 = \frac{E_1 U}{Z_1} \underline{|\theta_1 - \delta_1}$. Proiecţiile lui $\underline{S}_1$ pe cele două axe de coordonate sînt puterile activă şi reactivă debitate de generatorul G_1, iar unghiul dintre vectorii $-\underline{W}_1$ şi $\underline{V}_1$ este unghiul tensiunii interne a aceluiaşi generator. Coordonatele afixului vectorului $\underline{S}_2$ dau valorile puterilor absorbite de consumator.

Locul geometric al afixului vectorului $\underline{S}_2$, atunci cînd tensiunea U variază, este o curbă, $Q_s = Q_s(P_s)$, care poate fi trasată în diagramă şi gradată în funcţie de U, întrucît se cunosc ecuaţiile ei parametrice:

$$P_s = P_s(U); \; Q_s = Q_s(U) \qquad (4.13)$$

sub formă grafică (curbele ORGRES).

Practic, pentru determinarea grafică a perechii de valori (P_1, δ_1) se procedează astfel:

— se alege scara puterilor σ_s [u.r./mm];

— se trasează în sistemul de coordonate $+1$, $+j$ curba $Q_s = Q_s(P_s)$ şi se fixează pe această curbă punctul B_2, corespunzător noului regim de funcţionare;

— se calculează componentele vectorilor $\underline{W}_1 = \overline{OA_1}$ şi $\underline{W}_2 = \overline{A_1A_1'}$ şi se reprezintă aceşti vectori, în sistemul de axe coordonate, unul în prelungirea celuilalt;

— cu centrul în A_1, afixul vectorului $\underline{W}_1$ şi de rază $\frac{E_1 U}{Z_1}$, se duce cercul $C(A_1)$;

— cu centrul în B_2 şi de rază $\frac{E_2U}{Z_2}$, se duce cercul $C(B_2)$,

— cu centrul în A_1', afixul vectorului $\underline{W}_2$ şi de rază $\frac{E_1U}{Z_1}$, se duce cercul $C(A_1')$ care intersectează cercul $C(B_2)$ în punctele A_2 şi A_2';

— din punctul A_2 se duce o paralelă la direcţia vectorului $\overline{A_1A_1'}$ pînă la intersecţia ei cu cercul $C(A_1)$ în punctul B_1 (vectorul $\overline{B_1A_2}$ este egal cu $W_2 = \overline{A_1A_1'}$, conform unei cunoscute propoziţii de geometrie elementară);

— unind originea axelor de coordonate cu punctul B_1, se găseşte poziţia vectorului $\underline{S}_1$ pentru regimul de funcţionare înrăutăţit;

— se determină grafic perechea de valori (P_1, δ_1) cunoscînd că:

$$P_1 = pr_{+1}\underline{S}_1, \quad \delta_1 = \sphericalangle(\overline{A_1 0}, \overline{A_1B_1}). \qquad (4.14)$$

Se observă că locul geometric al afixului vectorului $\underline{W}_1$ este dreapta (Δ_1), care face cu axa -1 unghiul θ_1. Această dreaptă se gradează parabolic în funcţie de parametrul U. De asemenea, locul geometric al afixului vectorului $\underline{W}_2$ este dreapta Δ_2, care face cu axa -1 unghiul arc tg $\frac{G}{B}$, această dreaptă putînd fi gradată parabolic.

5. Aplicaţii şi concluzii

În acest capitol se vor da exemple de aplicare a metodelor analitice de calcul utilizate în studiul comportării unui generator sincron, din punctul de vedere al stabilităţii statice.

Calculele au fost efectuate pentru schema reprezentată în figura 1, aplicîndu-se criteriile $\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}\delta}$ şi $\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}U}$ generatorului G_1.

Valorile mărimilor caracteristice regimului normal de funcţionare a generatoarelor G_1, G_2, exprimat în unităţi relative ($S_b = 100$ MVA, $U_b = 100$ kV), sînt:

$$\underline{E}_{10} = 3{,}305 \;|\underline{29^\circ\, 43'}$$

$$\underline{E}_{20} = 1{,}64 \quad |\underline{7^\circ\, 15'}$$

— tensiunea nodului:

$$\underline{U}_0 = 1{,}139 \;|\underline{0};$$

— impedanţele ramurilor generatoare:

$$\underline{Z}_1 = 4{,}24 \;|\underline{85^\circ 30'}$$

$$\underline{Z}_2 = 1{,}082 \;\;|\underline{63^\circ 22'};$$

— puterile debitate de generatoare:

$$\underline{S}_{10} = 0{,}47542 + \mathrm{j}\,0{,}42957$$

$$\underline{S}_{20} = 0{,}42458 + \mathrm{j}\,0{,}36243;$$

— puterea absorbită de consumator:

$$\underline{S}_{s0} = 0{,}9 + \mathrm{j}\,0{,}792.$$

A. Criteriul $\frac{\mathrm{d}P_1}{\mathrm{d}\delta_1}$ (metoda analitică de calcul)

Unghiurile α:

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} - \theta_1 = 90^\circ - 85^\circ 30' = 4^\circ 30'$$

$$\alpha_2 = \frac{\pi}{2} - \theta_2 = 90^\circ - 63^\circ 22' = 26^\circ 38'.$$

Conductanţa totală a ramurilor generatoare:

$$G = \frac{\sin\alpha_1}{Z_1} + \frac{\sin\alpha_2}{Z_2} = \frac{\sin 4^\circ 30'}{4{,}24} + \frac{\sin 26^\circ 38'}{1{,}082} = $$

$$= 0{,}4332.$$

Susceptanţa totală a ramurilor generatoare:

$$B = \frac{\cos\alpha_1}{Z_1} + \frac{\cos\alpha_2}{Z_2} = \frac{\cos 4^\circ 30'}{4{,}24} + \frac{\cos 26^\circ 38'}{1{,}082} = 1{,}061.$$

Calculul constantelor K:

$$K_1 = 2\,\frac{E_1E_2}{Z_1Z_2} = 2\,\frac{3{,}305 \times 1{,}64}{4{,}24 \times 1{,}082} = 2{,}363$$

$$K_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{E_1Z_2}{E_2Z_1} + \frac{E_1Z_1}{E_1Z_2}\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{3{,}305 \times 1{,}082}{1{,}64 \times 4{,}24} + \frac{1{,}64 \times 4{,}24}{3{,}305 + 1{,}082}\right) = 1{,}2295.$$

Funcţia $\Phi(U)$:

$$\Phi(U) = \frac{[P_s(U) + 4{,}332\,U^2]^2 + [Q_s(U) + 1{,}061\,U^2]^2}{2{,}363\,U^2} -$$

$$- 1{,}2295.$$

Unghiul $\mu(U)$:

$$\mu(U) = \operatorname{arc\,tg}\frac{Q_s(U) + 1{,}061\,U^2}{P_s(U) + 0{,}4332\,U^2}.$$

Se consideră un regim de funcţionare înrăutăţit, caracterizat prin valoarea tensiunii nodului $U = 1{,}136$.

În acest caz, puterile absorbite de consumator sînt:

$$P_s(1{,}136) = 0{,}898$$

$$Q_s(1{,}136) = 0{,}787.$$

Funcția caracteristică a nodului are valoarea:

$$\Phi(1{,}136) =$$

$$= \frac{(0{,}898 + 0{,}4332 \times 1{,}136^2)^2 + (0{,}787 + 1{,}061 \times 1{,}136^2)^2}{2{,}363 \times 1{,}136^2} -$$

$$- 1{,}2295 = 0{,}9905.$$

Unghiul $\varphi(U)$:

$$\varphi(1{,}136) = \text{arc cos } \Phi(1{,}136) =$$

$$= \text{arc cos } 0{,}9905 = 8°.$$

Unghiul $\psi_1(U)$:

$$\psi_1(1{,}136) = \alpha_1 - \varphi(1{,}136) = 4°30' - 8° =$$

$$= - 3°30'.$$

Unghiul $\mu(U)$:

$$\mu(1{,}136) = \text{arc tg } \frac{0{,}787 + 1{,}061 \times 1{,}136^2}{0{,}898 + 0{,}4332 \times 1{,}136^2} = 55°55'.$$

Funcția $\Delta_1(U)$:

$$\Delta_1(1{,}136) =$$

$$= \frac{\frac{E_1}{Z_1} \cos[\alpha_1 + \mu(1{,}136)] + \frac{E_2}{Z_2} \cos[\psi_1(1{,}136) + \mu(1{,}136)}{\sqrt{K_1[K_2 + \Phi(1{,}136)]}} =$$

$$= \frac{\frac{3{,}305}{4{,}24} \cos(4°30' + 55°55') + \frac{1{,}64}{1{,}082} \cos(-3°30' + 55°55')}{\sqrt{2{,}363(1{,}2295 + 0{,}9905)}} =$$

$$= 0{,}5725.$$

Unghiul $\delta_1(U)$:

$$\delta_1(1{,}136) = \text{arc sin } \Delta_1(1{,}136) =$$

$$= \text{arc sin } 0{,}5725 = 35°.$$

Puterea activă $P_1(U, \delta_1)$ debitată de generatorul G_1:

$$P_1(1{,}136\,;35°) = \frac{3{,}305 \times 1{,}136}{4{,}24} \sin(35° + 4°30') -$$

$$- \frac{1{,}136^2}{4{,}24} \sin 4°30' = 0{,}5391.$$

Calculul pentru determinarea perechii de valori (P_1, δ_1) în cazul regimurilor înrăutățite succesive se efectuează similar ca mai sus. Rezultatele sînt date în tabela 1.

În figura 4 s-a reprezentat curba $P_1 = P_1(\delta_1)$, determinîndu-se mărimile critice:

$$P_{1cr} = 0{,}6825, \; \delta_{1cr} = 59°30', \; U_{cr} = 1.$$

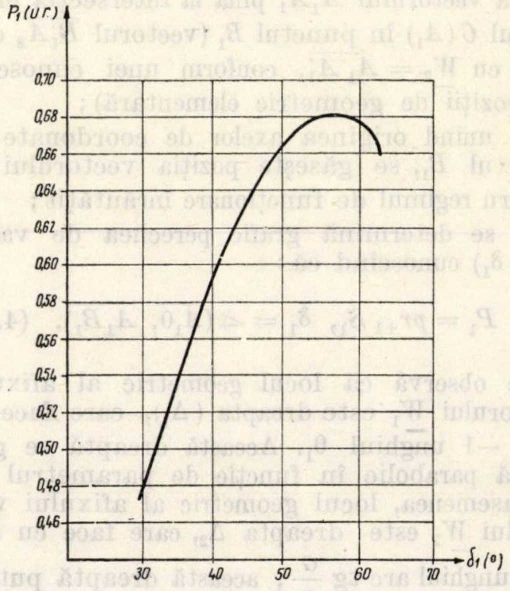


Fig. 4.

Rezerva de stabilitate statică:

— de tensiune:

$$k_U = \frac{U_0 - U_{cr}}{U_0} 100 = \frac{1{,}139 - 1}{1{,}139} 100 = 12{,}3\,\%;$$

— de putere:

$$k_P = \frac{P_{1cr} - P_{10}}{P_{1cr}} 100 = \frac{0{,}6825 - 0{,}47542}{0{,}6825} 100 = 30{,}4\,\%.$$

Tabela 1

U	$P_s(U)$	$Q_s(U)$	$\Phi(U)$	$\varphi(U)$	$\psi_1(U)$	$\mu(U)$	$\Delta_1(U)$	$\delta_1(U)$	$P_1(U,\delta_1)$
1,136	0,898	0,787	0,9905	8°	− 3°30’	55°55’	0,5725	35°	0,5391
1,132	0,896	0,782	0,9805	11°20’	− 6°50’	55°50’	0,604	37°10’	0,5612
1,125	0,893	0,777	0,9635	15°30’	−11°	55°47’	0,643	40°	0,5906
1,115	0,884	0,765	0,9405	19°50’	−15°20’	55°44’	0,682	43°	0,618
1,1	0,880	0,753	0,9105	24°20’	−19°50’	55°24’	0,723	46°20’	0,6416
1,07	0,867	0,728	0,8475	32°	−27°30’	54°55’	0,786	51°50’	0,6713
1,05	0,857	0,715	0,8175	35°10’	−30°40’	54°41’	0,811	54°10’	0,6776
1,02	0,845	0,6985	0,7775	39°	−34°30’	54°15’	0,8425	57°30’	0,6818
1	0,836	0,690	0,7465	41°40’	−37°10’	54°3’	0,862	59°30’	0,6825
0,98	0,823	0,683	0,7205	43°50’	−39°20’	53°52’	0,874	61°	0,6762
0,95	0,816	0,675	0,7025	45°20’	−40°50’	53°31’	0,8855	62°20’	0,6643

B. Criteriul $\frac{dP_1}{dU}$ (metoda analitică de calcul)

Pentru aplicarea acestei metode este necesar ca formulele utilizate în calcul să se aducă la forma următoare:

$$x(U)=\frac{-1{,}6898\,U^2-0{,}0556\,U^4+[P_s(U)}{2\,[Q_s(U)+1{,}061\,U^2]}+$$

$$+\frac{0{,}4148\,U^2]^2+[Q_s(U)+0{,}8259\,U^2]^2}{2\,[Q_s(U)+1{,}061\,U^2]}$$

$$y(U)=\frac{P_s(U)+0{,}4332\,U^2}{Q_s(U)+1{,}061\,U^2},$$

$$Y(U)=2\,[(0{,}0185-0{,}2351\,y)\,U^2-xy]$$

$$Z(U)=[0{,}0556(U^2-10{,}923)+0{,}4702\,x]\,U^2+x^2.$$

Se consideră regimul de funcţionare pentru care $U=1{,}136$.

În acest caz:

$$P_s(1{,}136)=0{,}898;\quad Q_s(1{,}136)=0{,}787.$$

Valoarea funcţiilor x, y:

$$x(1{,}136)=\frac{-1{,}6898\times1{,}136^2-0{,}0556\times1{,}136^4+(0{,}898+0{,}4148\times1{,}136^2)^2+(0{,}787+0{,}8259\times1{,}136^2)^2}{2\,(0{,}787+1{,}061\times1{,}136^2)}=0{,}745$$

$$y(1{,}136)=\frac{0{,}898+0{,}4332\times1{,}136^2}{0{,}787+1{,}061\times1{,}136^2}=0{,}676.$$

Coeficienţii ecuaţiei caracteristice:

$$X(1{,}136)=1+y^2(1{,}136)=1+0{,}676^2=1{,}457,$$

$$Y(1{,}136)=2\,[(0{,}0185-0{,}2351\times$$
$$\times\,0{,}676)\,1{,}136^2-0{,}745\times0{,}676]=-1{,}37,$$

$$Z(1{,}136)=[0{,}0556\,(1{,}136^2-10{,}923)+$$
$$+\,0{,}4702\times0{,}745]\,1{,}136^2+0{,}745^2=0{,}3155.$$

Puterea activă P_1:

$$P_1(1{,}136)=\frac{1{,}37}{2\times1{,}457}+\frac{\sqrt{1{,}37^2-4\times1{,}457\times0{,}3155}}{2\times1{,}457}=$$
$$=0{,}537.$$

Rezultatele calculului sînt date în tabela 2, iar caracteristica $P_1=P_1(U)$ este reprezentată în figura 5.

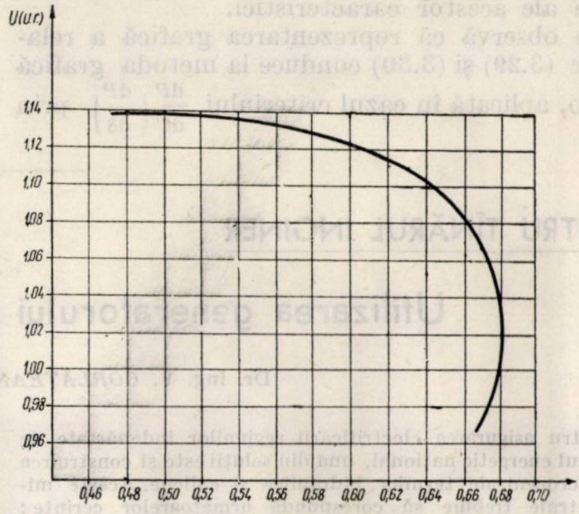


Fig. 5.

Mărimile critice determinate din caracteristicile $P_1=P_1(U)$ sînt $P_{1cr}=0{,}6823$, $U_{cr}=1{,}01$.

Analizînd exemplele de calcul, se constată că rezultatele obţinute prin aplicarea celor două metode sînt destul de apropiate între ele. Erorile care intervin în calcule, în cazul aplicării metodei analitice expuse în capitolul 3, se datoresc faptului că expresiile coeficienţilor Y, Z se obţin ca diferenţe de valori apropiate între ele. De aceea este necesar ca în cazul cînd se aplică această metodă să se calculeze cu atenţie valorile acestor coeficienţi.

Metodele analitice nu permit determinarea analitică a punctului critic, deoarece este imposibil a se găsi o expresie explicită de forma $P_1=f(U)$, din care să se deducă U_{cr}, cunoscînd că $f'_U(U_{cr})=0$.

Tabela 2

U	$P_s(U)$	$Q_s(U)$	$x(U)$	$y(U)$	$X(U)$	$Y(U)$	$Z(U)$	$P_1(U)$
1,136	0,898	0,787	0,745	0,676	1,457	−1,37	0,3155	0,5370
1,132	0,896	0,782	0,740	0,678	1,459	−1,3624	0,305	0,5628
1,125	0,893	0,777	0,731	0,680	1,462	−1,351	0,289	0,5880
1,115	0,884	0,765	0,715	0,6815	1,4645	−1,326	0,2598	0,6190
1,1	0,880	0,753	0,700	0,691	1,477	−1,3156	0,235	0,6429
1,07	0,867	0,728	0,669	0,702	1,4925	−1,2724	0,1845	0,6690
1,05	0,857	0,715	0,648	0,708	1,501	−1,243	0,154	0,6770
1,02	0,845	0,6985	0,621	0,72	1,519	−1,2066	0,117	0,6815
1	0,836	0,690	0,6045	0,725	1,526	−1,1812	0,097	0,682
0,98	0,823	0,683	0,5865	0,729	1,531	−1,1488	0,0777	0,675

Metodele analitice permit numai calculul în funcţie de tensiune a valorilor P_1, δ_1, punctul critic al caracteristicilor de putere putînd fi determinat numai prin găsirea valorilor maxime ale acestor caracteristici.

Se observă că reprezentarea grafică a relaţiilor (3.29) şi (3.30) conduce la metoda grafică Dimo, aplicată în cazul criteriului $\frac{dP}{dU}\left(\frac{dP}{d\delta}\right)$ prin luarea în considerare a rezistenţelor ramurilor generatoare şi folosirea caracteristicilor statice ale sarcinii.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor şi utilizarea curenţilor de scurtcircuit.* Editura tehnică, Bucureşti, 1959.

[2] Jdanov, P. S. *Stabilitatea sistemelor electrice.* E.E.S., Bucureşti, 1952.

G/f 2622/65

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Utilizarea generatorului asincron în microcentrale

Dr. ing. *V. CORLĂŢEANU* şi ing. *ZAIRA MURGU*

Pentru asigurarea electrificării regiunilor îndepărtate de sistemul energetic naţional, una din soluţii este şi construirea de microcentrale termice, hidraulice şi eoliene. Aceste microcentrale trebuie să corespundă următoarelor cerinţe: cheltuieli de investiţii cît mai mici, o exploatare ieftină şi uşoară, siguranţă în funcţionare, precum şi posibilitatea racordării lor la sistemul energetic în dezvoltarea lui. Unul dintre generatoarele care satisfac condiţiile de mai sus este generatorul asincron cu rotorul în scurtcircuit. Acesta este o maşină simplă şi relativ ieftină, fără contacte care produc scîntei şi se uzează repede, nu necesită personal calificat pentru deservirea ei; în plus, ea este foarte răspîndită, utilizîndu-se pe scară largă în regim motor.

Aceste avantaje au dus la ideea folosirii generatorului asincron în microcentralele hidraulice şi eoliene, unde, în acest caz, datorită simplităţii deservirii instalaţiilor, se poate introduce o automatizare completă a proceselor de exploatare [1], [2], [3].

Luînd în considerare caracteristicile de funcţionare a acestui generator, este necesar să se cunoască condiţiile optime în care este rentabil a fi folosit în microcentrale. Pentru aceasta se vor expune procesele ce se stabilesc în generatorul asincron, avantajele şi dezavantajele lui, cît şi condiţiile în care este raţională utilizarea acestui generator în microcentrale hidraulice, eoliene, precum şi în cele termice.

Consideraţii generale

Un motor asincron trifazic, cuplat la o reţea de tensiune *U* şi cu frecvenţa *f*, antrenat la o viteză superioară vitezei sale de sincronism, funcţionează în regim de generator. Dar acest generator nu poate să-şi creeze singur curentul magnetizant, necesar pentru obţinerea cîmpurilor magnetice, şi de aceea se vor cupla în paralel dispozitive capabile să îl alimenteze continuu cu energie reactivă. În acest scop se utilizează:

a) maşini sincrone supraexcitate;

b) compensatoare de fază care alimentează circuitul secundar al generatorului;

c) condensatoare statice conectate în circuitul primar sau secundar al generatorului.

Dacă generatorul asincron alimentează o reţea individuală, cazul electrificării cu centrale mici izolate, se utilizează dispozitivele de la punctul b) şi c), dintre care se preferă ultimul sistem, cu condensatoare statice, care asigură utilizarea generatorului cu rotor în scurtcircuit, de construcţie mai simplă.

În comparaţie cu generatorul sincron utilizat în mod obişnuit, generatorul asincron prezintă următoarele diferenţe:

a) Generatorul sincron poate să furnizeze sau să absoarbă energie reactivă de la reţea, pe cînd generatorul asincron nu poate decît s-o absoarbă, acesta reprezentînd neajunsul esenţial al acestei maşini.

b) Cuplarea generatorului sincron la reţea se face în condiţiile sincronizării, care nu mai sînt necesare în cazul cuplării generatorului asincron.

c) În caz de defect, generatorul sincron poate furniza un curent permanent de scurtcircuit, pe cînd generatorul asincron nu furnizează decît un curent tranzitoriu, care nu depăşeşte de zece ori valoarea curentului nominal şi se amortizează în decurs de una sau două perioade [4].

d) Cînd apare un curent pe linie, reacţia unei maşini asincrone, fiind diferită de cea a unei maşini sincrone, şi protecţia instalată trebuie să fie de tip diferit faţă de cea obişnuită.

e) Generatorul sincron lucrează cu frecvenţă şi tensiune constantă, în timp ce generatorul asincron îndeplineşte numai una dintre aceste condiţii.

f) Generatorul asincron nu prezintă fenomenele oscilatorii caracteristice maşinii sincrone, deoarece variaţia sarcinii este compensată în mare parte din variaţia alunecării sale negative.

g) Din punctul de vedere al preţului de cost şi al siguranţei în funcţionare, pentru puteri mici generatorul asincron este mai avantajos. Pentru puteri pînă la 20 kW, puterea excitatoarei este de 2–7% din puterea generatorului sincron, reprezentînd o creştere importantă a preţului de cost; de asemenea, 83% din defecte se datoresc excitatoarei şi numai 17% generatorului.

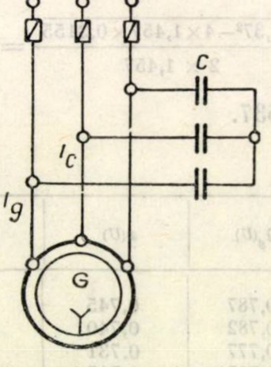


Fig. 1. Schema generatorului asincron cu excitaţie prin condensatoare statice.

Ţinînd seamă de aceste particularităţi de funcţionare, precum şi de construcţia şi deservirea simplă a generatorului asincron, cu excitaţie prin condensatoare statice, ne vom ocupa în articolul de faţă numai de acesta, care reprezintă tipul cel mai potrivit pentru centralele de mică putere.

Generator asincron excitat prin condensatoare statice

Autoexcitaţia generatorului asincron prin condensatoare statice (fig. 1) se bazează pe existenţa magnetismului remanent în rotorul maşinii, datorită căruia apare în înfăşurările statorului, la rotirea motorului, o forţă electromotoare de inducţie E_0. Datorită condensatoarelor, aceasta duce la apariţia curentului capacitiv, care, parcurgînd înfăşurările statorului, joacă rolul unui curent de excitaţie, provocînd creşterea fluxului magnetic; acesta, la rîndul său, contribuie la creşterea forţei electromotoare în înfăşurările statorului, a tensiunii la bornele capacităţii, a curentului capacitiv şi deci, în final, la stabilirea tensiunii de regim.

Neglijînd căderile de tensiune din înfăşurările statorului, punctul de funcţionare a maşinii se determină la intersecţia caracteristicii ei de magnetizare cu caracteristica voltamper a capacităţii conectate pe fază (fig. 2) ; excitarea maşinii se obţine numai pentru valori mai mari decît o capacitate critică C_0, care va fi cu atît mai mare cu cît E_0 este mai mică.

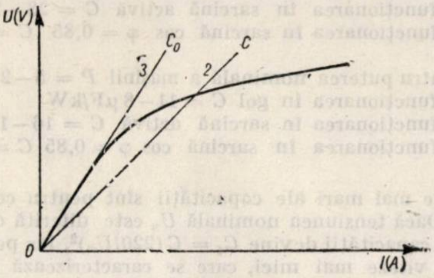


Fig. 2. Caracteristica de magnetizare a generatorului (curba 1) şi caracteristica voltamper a capacităţii de excitare pe fază (curbele 2 şi 3) pentru $f = 50$ Hz.

Durata stabilirii tensiunii staţionare nu este mare şi depinde de puterea şi turaţia generatorului, precum şi de mărimea şi momentul conectării capacităţii de excitare ; o scădere importantă a ei se obţine prin creşterea raportului C/C_0 (fig. 3). Procesul de excitare şi de dezexcitare se petrece mai repede în cazul conectării şi deconectării bateriei de condensatoare înaintea cuplării motorului primar [5].

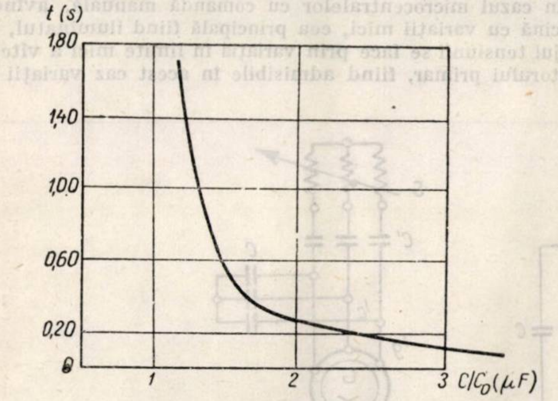


Fig. 3. Durata stabilirii tensiunii staţionare la bornele generatorului asincron funcţie de C/C_0 (μF).

Pentru valori mari ale capacităţii de excitare, forma curbelor tensiunilor şi curenţilor capătă o abatere de la forma sinusoidală. Valoarea capacităţii stabileşte, de asemenea, pentru o maşină cu parametrii electrici determinaţi, mărimea vitezei de rotaţie critice n_0 şi frecvenţa tensiunii generate ((fig. 4).

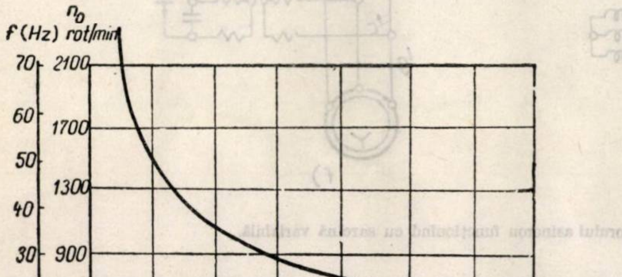


Fig. 4. Variaţia vitezei critice de rotaţie n_0 şi a frecvenţei f a generatorului asincron cu valoarea capacităţii condensatoarelor, C.

La viteză constantă, tensiunea şi curentul generatorului funcţionînd în gol cresc proporţional cu capacitatea de excitare (fig. 5).

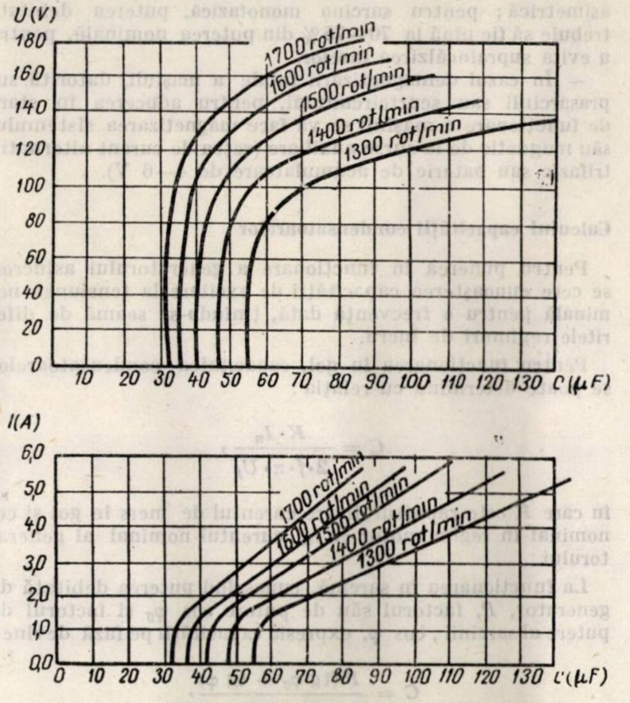


Fig. 5. Caracteristicile de frecvenţă ale tensiunii şi curentului de fază a generatorului asincron funcţionînd în gol cînd n = const. şi C = variabil.

Din examinarea proprietăţilor generatorului asincron funcţionînd în sarcină, se pot face următoarele constatări :

— Pentru obţinerea frecvenţei de 50 Hz, generatorul trebuie să funcţioneze în sarcină la o viteză cu 3—8% mai mare decît viteza nominală din regim motor.

— Scăderea frecvenţei generatorului pînă la 45 Hz ameliorează condiţiile de pornire şi funcţionare a motoarelor asincrone ce se alimentează [6] ; aceasta însă cere creşterea capacităţii de excitare a generatorului.

— Puterea maximă a generatorului în sarcină, la frecvenţă şi factor de putere constant, este o funcţie liniară de capacitate de excitare (fig. 6). Caracteristicile din figuri s-au trasat pentru o maşină asincronă cu rotor în scurtcircuit de 220 V şi 0,75 kW.

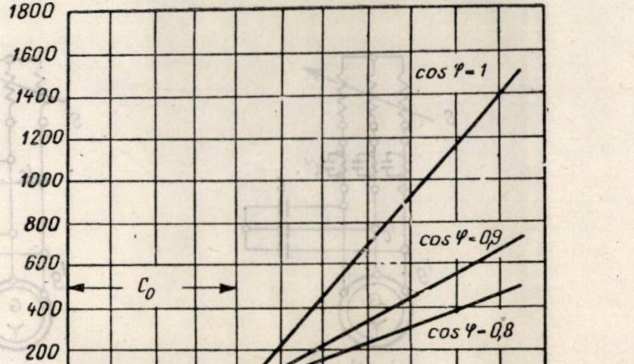


Fig. 6. Variaţia puterii maxime debitate de generatorul asincron cu valoarea capacităţii condensatoarelor de excitare pentru cos φ = const. şi f = const.

— Generatorul funcţionează cel mai convenabil cu sarcină activă cînd tensiunea se menţine la receptoare aproape constantă.

— Generatorul funcţionează complet stabil şi în sarcină asimetrică; pentru sarcina monofazică, puterea debitată trebuie să fie pînă la 70—75 % din puterea nominală, pentru a evita supraîncălzirea fazelor.

— În cazul demagnetizării totale a maşinii, datorită suprasarcinii sau scurtcircuitului, pentru aducerea în stare de funcţionare a maşinii se va face magnetizarea sistemului său magnetic de la surse auxiliare (reţea de curent alternativ trifazic sau baterie de acumulatoare de 4—6 V).

Calculul capacităţii condensatoarelor

Pentru punerea în funcţionare a generatorului asincron se cere cunoaşterea capacităţii de excitare la tensiunea nominală pentru o frecvenţă dată, ţinîndu-se seamă de diferitele regimuri de lucru.

Pentru funcţionarea în gol, capacitatea condensatoarelor se poate determina cu relaţia:

$$C = \frac{K \cdot I_n}{2 \cdot f \cdot \pi \cdot U_f},$$

în care K este raportul dintre curentul de mers în gol şi cel nominal în regim motor şi I_n curentul nominal al generatorului.

La funcţionarea în sarcină, cunoscînd puterea debitată de generator, P, factorul său de putere $\cos\varphi_g$ şi factorul de putere al sarcinii, $\cos\varphi$, expresia capacităţii pe fază devine:

$$C = \frac{P(\operatorname{tg}\varphi_g + \operatorname{tg}\varphi)}{6\pi f U^2}.$$

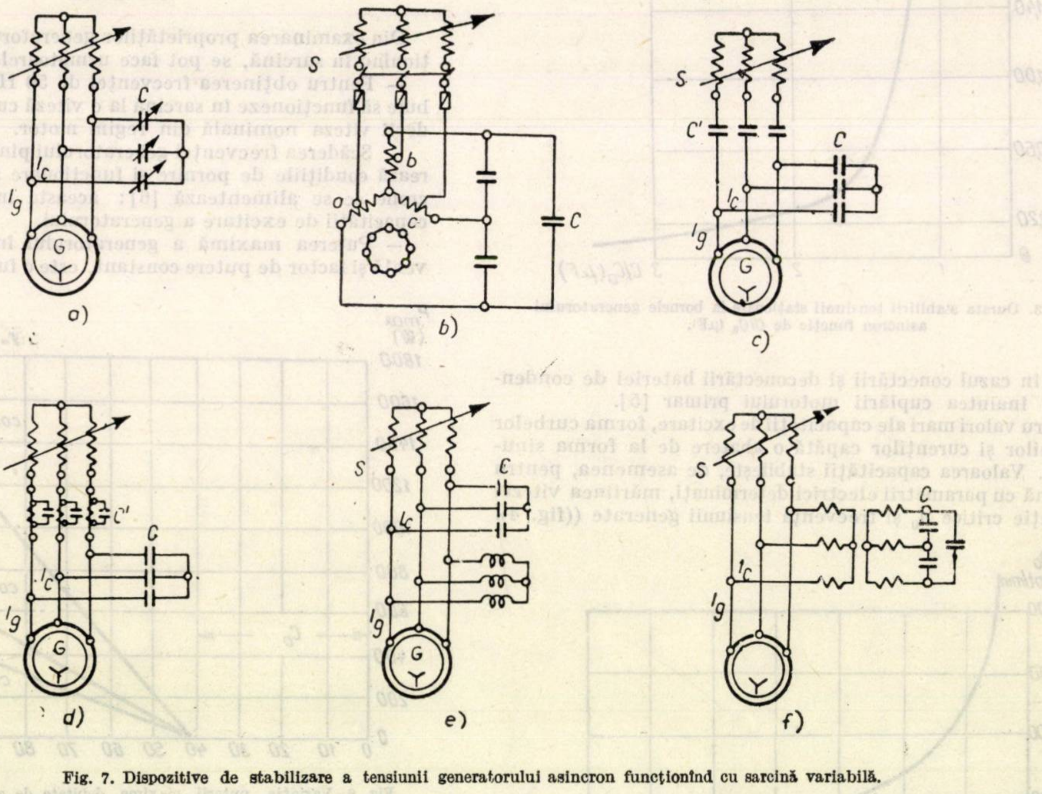


Fig. 7. Dispozitive de stabilizare a tensiunii generatorului asincron funcţionînd cu sarcină variabilă.

Capacitatea rezultată este pentru condensatoarele legate în triunghi $C\Delta$ sau în stea C_y, după valoarea tensiunii introduse în relaţie; se ştie că $C\Delta = 1/3\, C_y$. Legarea în triunghi a condensatoarelor, deşi duce la valori mai mici ale capacităţii, cere însă ca acestea să fie calculate pentru tensiunea de linie, în timp ce la legarea în stea tensiunea este de $\sqrt{3}$ ori mai mică.

În baza acestor relaţii se dau mai jos valorile capacităţii de excitare pe fază a condensatoarelor legate în triunghi, pentru generatoare asincrone de 1500 rot/min şi 220 V.

a) Pentru puterea nominală a maşinii $P = 0{,}2$ kW — 5 kW:

— la funcţionarea în gol $C = 22-11\ \mu$F/kW

— la funcţionarea în sarcină activă $C = 28-16\ \mu$F/kW

— la funcţionarea în sarcină $\cos\varphi = 0{,}85$ $C = 46 - 32\ \mu$F/kW

b) Pentru puterea nominală a maşinii $P = 5-25$ kW:

— la funcţionarea în gol $C = 11-8\ \mu$F/kW

— la funcţionarea în sarcină activă $C = 16-13\ \mu$F/kW

— la funcţionarea în sarcină $\cos\varphi = 0{,}85$ $C = 32 - 28\ \mu$F/kW.

Valorile mai mari ale capacităţii sînt pentru $\cos\varphi_g$ mai scăzut. Dacă tensiunea nominală U_n este diferită de 220 V, valoarea capacităţii devine $C_1 = C\,(220/U_n)^2$, iar pentru motoare de viteze mai mici, care se caracterizează printr-un consum mai urcat al puterii reactive, valorile capacităţii trebuie puţin mărite.

Procedee de stabilizare a tensiunii generatorului asincron cu excitaţie prin condensatoare statice

Cînd generatorul asincron funcţionează în sarcină variabilă cu $\cos\varphi < 1$, se obţin variaţii importante ale tensiunii. De aceea este necesar a se utiliza în acest caz stabilizatoare de tensiune care, deşi complică într-o oarecare măsură instalaţia, garantează o mai largă utilizare a generatorului [7].

În cazul microcentralelor cu comandă manuală, avînd o sarcină cu variaţii mici, cea principală fiind iluminatul, reglajul tensiunii se face prin variaţia în limite mici a vitezei motorului primar, fiind admisibile în acest caz variaţii de frecvenţă de 10 %. Cînd predomină sarcina de forţă, reglajul este de preferat prin variaţia capacităţii de excitare (fig. 7, *a*).

În cazul centralelor automate sau supuse la variaţii bruşte de sarcină, reglajul tensiunii se poate face prin compoundarea generatorului prin condensatoare serie (fig. 7, *c*) sau cu stabilizatorul prin ferorezonanță (fig. 7, *e*). Utilizarea generatorului cu sistem magnetic foarte saturat (fig. 7, *b*) nu este de dorit; deși asigură stabilizarea tensiunii, provoacă încălzirea suplimentară a mașinii și prezintă inconveniente în realizarea ieșirilor de la înfășurările statorului.

Utilizarea condensatoarelor serie este de preferat pentru cos $\varphi < 1$. Pentru micșorarea capacității C' se utilizează conectarea condensatoarelor prin transformator de intensitate (fig. 7, *d*), care trebuie să fie nesaturat, pentru a preîntîmpina funcționarea anormală a dispozitivului de stabilizare. Cu toate că această metodă este simplă și sigură în funcționarea normală, în caz de defect apar datorită condensatoarelor serie supratensiuni în generator, din care cauză se preferă utilizarea stabilizatorului cu ferorezonanță.

La stabilizatorul cu ferorezonanță are loc fenomenul de ferorezonanță în circuitul bobină-condensatoare de excitare; pentru micșorarea capacității de excitare se utilizează un transformator ridicător special sau autotransformator cu saturație mărită și condensatoare de înaltă tensiune (fig. 7, *f*). Acest stabilizator este cel mai recomandabil, deoarece el duce și la mărirea capacității de supraîncărcare a generatorului, chiar în cazul sarcinii compuse din forță și lumină.

Măsuri pentru asigurarea rentabilității microcentralelor asincrone

Pentru asigurarea rentabilității microcentralelor asincrone, ele trebuie alese în mod corespunzător, ținîndu-se seamă de condițiile de exploatare existente, adică construcția generatorului, bateria de condensatoare, precum și aparatele de protecție și control.

a) Generatorul utilizat va fi de viteză mai mare, pentru a avea un factor de putere și un randament mai ridicat. În cazul centralelor hidraulice se va prefera utilizarea grupului scufundat cu multiplicator de viteză și generator exterior, a cărui întreținere și exploatare este comodă. Datorită multiplicatorului de viteză pot fi crescute factorul de putere și randamentul, iar capacitatea de excitare se poate micșora. (De exemplu: pentru o putere instalată de 500 kW la turația de 255 rot/min, cos φ este 0,65, iar puterea bateriei de condensatoare este de 580 kVAr; la turația de 1000 rot/min, cos φ devine 0,88, iar puterea bateriei 270 kVAr). Aceasta duce la scăderea prețului de cost și mărirea eficacității instalației.

b) Bateria de condensatoare trebuie aleasă de puterea limită ca să asigure o funcționare bună. Folosirea unor capacități ridicate, cu toate că îmbunătățește unele caracteristici de funcționare a instalației, nu este de dorit din cauza prețului ridicat al acestora, cît și datorită comportării în caz de defect, deoarece, cu cît puterea bateriei va fi mai mare, cu atît durata perioadei tranzitorii va fi mai lungă.

c) Prețul aparatelor de protecție și control pentru puteri mici este relativ mare. De aceea se va căuta să se utilizeze minimul de aparataj cît și dispozitive de comandă și protecție simple. Protecția utilizată va fi:

— o protecție de tensiune (sau viteză), pentru a se asigura contra eventualelor autoamorsaje în caz de defect;

— o protecție termică, pentru a proteja împotriva funcționării îndelungate pe două faze.

Deoarece, în caz de defect, autoamorsarea pe baterie de condensatoare se produce la tensiune și viteză diferite de cele din condițiile nominale, se va asigura posibilitatea decuplării bateriei de grup.

Utilizarea generatorului asincron este rentabilă și în microtermocentralele mobile sau fixe: în locuri unde sînt interzise contacte care produc scîntei, pe vapoare, avioane, la stații de cale ferată, la instalații de proiectare, la cabane în munți, iluminat de siguranță în teatre și spitale, precum și pentru sarcini de lumină și forță în electrificări rurale. Folosirea acestor agregate este de dorit pentru puteri mici, în special pentru sarcini de lumină, iar pentru forță — la alimentarea unor motoare mici (în condiții ușoare de pornire). De asemenea pot fi utilizate generatoare asincrone în microcentrale termice deja existente cînd se cere mărirea puterii acestora.

Din încercări experimentale [6] și calcule economice efectuate cu motoare asincrone de puteri de la 5,5 la 100 kW, produse de fabrica „Electromotorul" — Timișoara, în comparație cu generatoarele sincrone de aceleași puteri fabricate de Uzina de mașini electrice București, s-a tras concluzia că pentru puteri pînă la 20 kW sînt mai avantajoase motoarele asincrone folosite în regim de generator.

Exemplu: Pentru o mașină asincronă în scurtcircuit tip 62–2 de 20 kW 220/380 V, 3000 rot/min, utilizată în regim generator, vor fi necesare pentru excitare condensatoare statice la tensiunea de 380 V, de următoarele valori:

Regim de funcționare		Capacitatea pe fază, *F*	Puterea bateriei de condensatoare conectate, kVAr
În gol		55	7,5
Sarcină 100%	1	70	9,5
cos φ	0,85	147	20
	0,8	178	24

Ca aparate de protecție la microtermocentrale: un DITU de 60 A, trei relee de tensiune maximă EN 526/400 și eventual un releu tahometric sau de tensiune pentru reglajul admisiei.

Concluzii

a) Utilizarea generatorului asincron în scurtcircuit, cu excitație prin condensatoare statice, este avantajoasă din punctul de vedere al prețului de cost și al eficacității, pentru puteri pînă la 20 kW.

b) Regimul cel mai favorabil de lucru al generatorului asincron este sarcina activă: pentru sarcină mixtă și variabilă apare necesitatea utilizării stabilizatoarelor de tensiune.

c) Pentru funcționarea în condiții bune a generatorului se va face o alegere judicioasă a bateriei de condensatoare; aparatele de protecție și control vor fi reduse la minimul necesar unei funcționări sigure a centralei, cu personal necalificat și supuse la un control întrerupt.

Bibliografie

[1] Smoluchowski, W. *Generatoare asincrone.* Wiadomosci Elektrotehniczni nr. 7, 1953, p. 151–153.

[2] Pigead, M. H. *Utilisation pratique de la génératrice asynchrone dans les stations centrales hydrauliques.* Bulletin de la Société Française des Electriciens nr. 81, 1957, p. 522–528.

[3] Von Rechberger, H. *Kondensatorerregte Asynchrongeneratoren in Kleinwasserkraftanlagen.* Elektrotechnik und Maschinenbau, **74**, 1957, nr. 17, p. 379–385.

[4] d'Utruy, M. Y. *Etude du fonctionnement des usines asynchrones raccordées à un réseau de répartition.* Bulletin de la Société Française des Electriciens nr. 82, 1957, p. 621–629.

[5] Uvanov, A. A. *Asinhronnîe gheneratorî dlea ghidroelektriceskih stanții nebolșoi moșcinost.* Gosenergoizdat, Moskva–Leningrad, 1948.

[6] Botan, N. V., Filipiuc, I., Poeată, Al., și Beian, I. *Studiul comportării motorului asincron în scurtcircuit alimentat de la un generator asincron.* Buletinul I.P.I., nr. 1–2, 1955, p. 213–227.

[7] Kummel, F. *Der selbsterregte Asynchrongenerator mit annahernd konstanter Spannung.* E.T.Z.–A, 76, nr. 21, 1955. p. 769–775

[8] Brugère, M. J. *Petites centrales hydrauliques automatiques d'hiers et d'aujourd'hui.* Bulletin de la Société Française des Electriciens, nr. 81, 1957, p. 529–533.

DOCUMENTARE

Obrezkov, V. I. Calculul pe maşini analogice al reglării sezoniere de stoc pentru producerea maximă de energie electrică la UHE. Elektriceskie stanţii, **33**, nr. 11, 1962, p. 35—36.

În sistemele deficitare, în care lipsa de energie electrică se resimte în tot timpul anului sau numai în unele părţi ale anului, centralele termice trebuie să funcţioneze cu puterea totală, iar reglarea stocului la hidrocentrale trebuie făcută cu respectarea condiţiei maximului producţiei de energie electrică. Asemenea perioade pot apărea atît în condiţiile anilor cu apă puţină cît şi în condiţiile unor ani cu nivel de precipitaţii bogat.

Trebuie ţinut seamă, de asemenea, de faptul că în anumite condiţii, care se întîlnesc destul de des, regimul de maxim al producţiei de energie pe hidrocentrale coincide cu regimul cel mai avantajos al sistemului în ansamblul său. Calculele pentru determinarea unui astfel de regim şi în particular a regimului lacului de acumulare sînt deosebit de laborioase şi necesită o mare cheltuială de muncă de înaltă calificare. Astfel se explică diversele încercări de a utiliza pentru calcule maşinile electronice. Metoda propusă pentru utilizarea în calcule a maşinilor analogice se bazează pe folosirea metodei variaţionale la rezolvarea concomitentă a ecuaţiei :

$$P = K_p\ Q_d\ H$$

şi a ecuaţiei care derivă din balanţa volumului lacului de acumulare :

$$Q_d = Q_n + Q_l,$$

în care P este puterea centralei ; K_p — coeficient constant ; H — înălţimea căderii centralei ; Q_d — debitul centralei ; Q_n — debitul normal al rîului ; Q_l — debitul lacului de acumulare.

În articol se furnizează ecuaţia a cărei integrare duce la precizarea regimului optimal căutat. Se dau, de asemenea, schemele-bloc pentru rezolvarea problemei pe o maşină analogică.

Metoda descrisă poate fi utilizată şi pentru determinarea regimului optimal de umplere a lacului. În aceste cazuri, pentru centralele cu cădere mică poate apărea necesitatea considerării capacităţii dinamice a lacului. Schemele-bloc indicate în articol permit, de asemenea, rezolvarea multor altor probleme.

em. c.

Sabalin, N. S. Eficacitatea tehnico-economică a automatizării complexe şi telemecanizării reţelelor electrice. Elektriceskie stanţii **34**, nr. 1, 1963, p. 60—64.

Metodele de determinare a eficacităţii economice anuale rezultate din introducerea tehnicii noi, metode adoptate în U.R.S.S. ca obligatorii pentru toate ramurile economiei naţionale, nu sînt aplicabile reţelelor electrice. La baza acestor metode stă compararea indicilor preţului de cost al producţiei, înainte şi după introducerea tehnicii noi. Astfel, eficacitatea tehnicii noi este apreciată prin reducerea preţului de cost al producţiei.

În reţelele electrice nu există o producţie anumită, iar preţul de cost al transportului şi distribuţiei energiei electrice este deosebit de greu de precizat ; cheltuielile anuale de exploatare în reţele conţin, ca element principal, cotele de amortizare a investiţiilor (55—70%). Astfel, chiar dacă în urma lucrărilor de automatizare complexă se reduc unele cheltuieli de exploatare, preţul de cost global poate chiar să crească, datorită măririi cotelor de amortizare.

Pentru determinarea eficacităţii economice a automatizării complexe şi a telemecanizării reţelelor electrice, este necesară prelucrarea unei metode speciale, al cărei indice principal de eficacitate economică să fie mărirea siguranţei alimentării consumatorilor (evitarea pagubelor provocate economiei naţionale de întreruperile în alimentarea cu energie electrică). Printre ceilalţi indici de eficacitate economică a introducerii automatizării şi telemecanizării trebuie considerate : ameliorarea regimului de funcţionare a reţelei, mărirea productivităţii muncii personalului de exploatare şi reducerea costului de echipare a staţiilor noi automatizate şi telemecanizate, proiectate, ţinîndu-se seamă de exploatarea lor fără personal de serviciu.

Experienţa arată că automatizarea complexă şi telemecanizarea unei zone de reţea măresc operativitatea comenzii prin dispecer a staţiilor şi reţelelor şi permit să se scoată complet personalul din staţii ; acestea se trec pe comandă centralizată şi servire prin echipe operative mobile.

În afara indicatorilor tehnico-economici de mai sus, automatizarea complexă şi telemecanizarea reţelelor creează avantaje tehnice care nu pot fi apreciate în expresie bănească : ridicarea nivelului tehnic al exploatării, creşterea calificării personalului, reducerea numărului de accidente, mărirea operativităţii etc.

În sistemul Mosenergo, pentru calculele eficacităţii tehnico-economice a introducerii automatizării complexe şi a telemecanizării reţelelor se utilizează următoarea formulă globală :

$$E_t = E + pI,$$

în care E este suma economiilor de pierderi, cheltuieli cu salariile, reducerea pagubelor datorate avariilor etc., provocate de introducerea automatizării ; E_t — eficacitatea economică anuală ; p — coeficient normativ de eficacitate economică a investiţiilor ; I — investiţii pentru automatizare şi telemecanizare.

Pentru aprecierea economiilor rezultate din introducerea automatizării, se analizează fiecare tip de automatizare în parte (RAR, AAR etc.) şi se deduc relaţiile corespunzătoare.

em. c.

Sidanov, I. A. şi Simociatiov, N. P. Despre avantajele şi dezavantajele întreruptoarelor cu aer comprimat şi cu ulei. Compararea tehnico-economică a utilizării întreruptoarelor de 110 kV cu ulei şi cu aer comprimat. Elektriceskie stanţii **34**, nr. 1, 1963, p. 76—78.

Compararea caracteristicilor principale ale întreruptoarelor cu ulei (IU) şi cu aer comprimat (IA) de producţie sovietică arată că acestea pot fi considerate echivalente din punct de vedere tehnic.

IU sînt mai stabile în funcţionare din punctul de vedere al construcţiei tehnice, în regimuri cu viteze mari de refacere a ridigităţii intervalului ; defecţiunile la IA sînt de 16 ori mai frecvente decît cele la IU.

Pentru calculele tehnico-economice este necesar să se precizeze investiţiile şi cheltuielile anuale în cele două soluţii comparate.

Din analiza posturilor de montaj ale staţiilor de 110 kV rezultă că staţia cu IA este mai scumpă cu 62,1 mii ruble decît staţia cu IU. De asemenea compararea costurilor anuale de reparaţii şi de energie electrică arată avantaje la ambele capitole pentru IA.

Din considerente de servire operativă, staţiile cu IU telemecanizate necesită o atenţie mult mai redusă din partea pesonalului operativ şi permit înlăturarea personalului permanent, în timp ce la staţiile cu IA telemecanizate, personalul de exploatare şi întreţinere este menţinut din cauza nesiguranţei funcţionării IA.

Din cele expuse rezultă că IA de 110 kV trebuie instalate la staţiile mari, cu puteri mari de scurtcircuit, şi la staţiile în care este necesar un timp foarte scurt de întrerupere.

La majoritatea staţiilor de 110 kV, de regulă, trebuie acordată prioritate IU, care sînt mai sigure şi mai avantajoase economic.

em. c.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 627.8.003.1

Cogălniceanu, A.: **Распределение капиталовложений и ежегодных затрат для комплексного благоустройства между принимающими участие предприятиями**

В статье проводится критический обзор методов применяемых и рекомендуемых для распределения расходов по комплексному благоустройству между соответствующими предприятиями. Для облегчения анализа многочисленных существующих методов проводится их систематизация по структуре отношений и по критериям применяемым для распределения расходов. На основании анализа влияния степени удовлетворения общих услуг в рамках комплексного благоустройства, в сравнении с их раздельным использованием предлагаются методы в двух характерных для Румынии случаях, а именно: благоустройство больших рек и благоустройство малых рек.

Enegetica 11 (1963), № 9, стр. 449-461.

ДК 621.165 : 621.311.25 : 621.039

Cîrdu, M.: **Паровые турбины на атомоэлектростанциях**

В статье анализируются особенности паровых турбин, установленных на атомоэлектростанциях, и дается описание наиболее крупных из них.

Energetica 11 (1963), № 9, стр. 461-468.

ДК 697.34 : 001.1

Furtunescu, H.: **Рациональные схемы подготовления горячей воды для хозяйственных целей, для потребителей подключенных к теплофикационным двухтрубным сетям закрытого цикла**

Приводятся схемы применяемые для приготовления горячей воды, предназначенной для потребителей, подключенных к двухтрубным теплофикационным сетям закрытого цикла. Рассматриваются способ расчёта номинального дебита воды в сети и, в зависимости от особенностей потребителей, указываются целесообразные области применения схем для обеспечения оптимальной технико-экономической эффективности.

Energetica 11 (1963), № 9, стр. 468-476.

ДК 621.316.13 : 621.3.014.3 : 001.24

Dimo, P., Moraite, G. и *Hückert, S.:* **Точный расчёт токов короткого замыкания с одновременным определением схем REI, узловых изображений и проходных проводимостей**

Energetica 11 (1963) № 9, стр. 476-481.

ДК 621.3.016.35 : 621.313.322

Cantaragiu, G.V.: **Применение практических критериев $\frac{dP}{d\delta}$ и $\frac{dP}{dU}$ в изучении статической устойчивости синхронного генератора**

Предлагаются аналитические и графоаналитические методы расчёта режимов работы синхронного генератора. Приводятся примеры предлагаемых методов расчёта, причем рассматривается поведение синхронной машины с точки зрения статической устойчивости, с применением практических критериев $\frac{dP}{d\delta}$ и $\frac{dP}{dU}$.

Energetica 11 (1963), № 9, стр. 482-492.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.313.322

Corlăţeanu, V. и *Murgu, Z.:* **Применение ассинхронного генератора на микроэлектростанциях**

Energetica 11 (1963), № 9. стр. 492—495.

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 627.8.003.1

Cogălniceanu, A. : **Aufteilung der Investition- und Jahreskosten von Mehrzweckanlagen unter verschiedenen Nutzniessern**

Es wird die Aufteilung der Kosten von Wasserkraft-Mehrzweckanlagen unter deren Nutzniessern untersucht. Zwecks Erleichterung der Untersuchung zahlreicher vorhandener Verfahren, wurden diese nach den für die Kostenaufteilung verwendeten inneren Beziehungen und unterscheidenden Merkmale geordnet. Nach Betrachtung des Einflusses der durch Mehrzweckanlagen erzielten gemeinsamen Nutzniessung auf die einzelnen Teilhaber, im Gegensatz zu deren untereinander unabhängigen Befriedigung, werden Verfahren für die zwei in Rumänien gegebenen Fälle und zwar Ausbau eines Stroms und inländischer Flüsse vorgeschlagen.

Enegetica 11 (1963), H. 9, S. 449-461.

DK 621.165 :621.311.25 : 621.039

Cîrdu, M. : **Dampfturbinen in Kernkraftwerken**

Es werden besondere Merkmale in Kernkraftwerken verwendeter Dampfturbinen untersucht und die bedeutendsten Leistungen auf diesem Gebiet erörtert.

Energetica 11 (1963), H. 9, S. 461-468.

DK 697.34 : 001.1

Furtunescu, H. : **Rationelle Warmwasseraufbereitungsschemas für Hausverbraucher mit Anschluss an geschlossene Fernheiznetze**

Es werden die zur Warmwasseraufbereitung bei an Zweileitungsnetzen angeschlossenen Verbrauchern verwendeten Wärmeschaltbilder dargestellt. Weiterhin wird die Berechnungsweise nomineller Netzwassermengen untersucht und die rationellen, grösste Wirtschaftlichkeit gewährenden, Anwendungsgebiete der Schaltbilder mit Rücksicht auf die besonderen Merkmale der Verbraucher angegeben.

Energetica 11 (1963), H. 9, S. 468-476.

DK 621.316.13 : 621.3.014.3 : 001.24

Dimo, P., Moraite, G. und *Hückert, S.* : **Genaue Berechnung von Kurzschluss-Strömen mit gleichzeitiger Bestimmung radialer, äquivalenter, unabhängiger (REI) Schemas, Knotenpunktbilder und Übertragungsscheinleitwerte**

Energetica 11 (1963), H. 9, S. 476-481.

DK 621.3.016.35 : 621.313.322

Cantaragiu, G. *V.* : **Anwendung praktischer Stabilitätsbeziehungen $\frac{dP}{d\delta}$ und $\frac{dP}{dU}$ in dem statischen Stabilitätsstudie eines synchronen Generators**

Analytische und graphische Berechnungsverfahren der Fahrbedingungen eines synchronen Generators werden dargestellt und auf Grund eines Rechenbeispiels wird das statische Stabilitätsverhalten mit Anwendung der praktischen Beziehungen $\frac{dP}{d\delta}$ und $\frac{dP}{dU}$ untersucht.

Energetica 11 (1963), H. 9, S. 482-492.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.313.332

Corlăţeanu, V. und *Murgu, Z.* : **Anwendung asynchroner Generatoren in kleinen Kraftwerken**

Energetica 11 (1963), H. 9, S. 492-495.

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 627.8. 003.1

Cogălniceanu, A. : **Répartition des frais d'investissements et des coûts annuels des aménagements complexes des cours d'eaux entre les usagers**

L'auteur fait une analyse des méthodes utilisées pour la répartition des coûts de l'aménagement complexe des cours d'eaux entre les usagers. Pour faciliter l'analyse des nombreuses méthodes existentes, elles ont été systématisées d'après la structure des relations et des critères utilisées pour la répartition des coûts. Considérant l'influence d'une satisfaction en commun des usagers, dans le cadre d'un aménagement complexe d'un cours d'eau, par rapport à leur solution indépendante, l'auteur propose des méthodes pour les deux cas caractéristiques en Roumanie : aménagements fluviaux et aménagements des rivières intérieures.

Energetica 11 (1963), no. 9, p. 449—461.

CD 621.165 :621.311.25 : 621.039

Cîrdu, M. : **Turbines à vapeur dans les centrales atomiques**

L'article présente les particularités des turbines à vapeur des centrales atomiques et décrit les plus importantes turbines réalisées.

Energetica 11 (1963), no. 9, p. 461—468.

CD 697.34 : 001.1

Furtunescu, H. : **Schémas rationels de préparation de l'eau chaude pour les consomateurs raccordés aux réseaux de chauffage à distance**

L'auteur présente les schémas utilisés pour la préparation de l'eau chaude des consomateurs raccordés aux réseaux bitubulaires de chauffage à distance. Il expose le mode de calculer le débit normal de l'eau du réseau et, en fonction des particularités des consomateurs, il indique les domaines rationels d'application des schémas, afin d'assurer l'efficacité maximum du point de vue technique et économique.

Energetica 11 (1963), no. 9, p. 468—476.

CD 621.316.13 : 621.3.014.3 : 001.24

Dimo, P., Moraite, G. et *Hückert, S.* : **Le calcul exact des courants de court circuit et la détermination simultanée des schémas radiaux, équivalents, indépendants (REI), des images nodales et des admittances de transfert**

Energetica 11 (1963), no. 9, p. 476—481.

CD 621.3.016.35 : 621.313.322

Cantaragiu, G. V. : **Application des critères $\frac{dP}{d\delta}$ et $\frac{dP}{dU}$ dans l'étude de la stabilité statique d'un générateur synchrone.**

L'auteur propose des méthodes analytiques et grapho-analytiques pour calculer les régimes de fonctionnement d'un générateur synchrone. Les méthodes de calcul proposées sont illustrées par des exemples ; on étudie le comportement des machines synchrones du point de vue de la stabilité statique, en applicant les critères pratiques $\frac{dP}{d\delta}$ et $\frac{dP}{dU}$.

Energetica 11 (1952), no. 9, p. 482—492.

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.313.332

Corlăţeanu, V. et *Murgu, Z.* : **Utilisation du générateur asynchrone dans les microcentrales**

Energetica 11 (1963), no. 9, p. 492—495.

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 627.8.003.1

Cogălniceanu, A. : **Repartition of investment and annual costs of multiple purpose river developments among several utilities**

The author discusses the repartition of multiple purpose river development costs among several utilities. To facilitate the investigation of the many existing methods used for cost repartition, they were systematized after the structure of relations and the criteria used for cost repartition. After considering the influence of a common utility satisfaction in a multiple purpose development against an independent solution, methods are proposed for two cases characteristic in Rumania : development of large streams and of inland rivers.

Energetica 11 (1963), No. 9, p. 449-461.

DC 621.165 : 621.311.25 : 621.039

Cîrdu, M. : **Steam turbines in nuclear power plants**

The characteristics of steam turbines in nuclear power plants are mentioned in this article. The most important units among those constructed are also described.

Energetica 11 (1963), No. 9, p. 461-468.

DC 697.34 : 001.1

Furtunescu, H. : **Rational diagrams of hot water preparation for consumers connected to closed district heating networks**

Some diagrams used for the preparation of hot water for consumers connected to bitubular district heating networks are presented. The author gives the calculation method for rated water flows in the network and, according to the consumer characteristics, presents rational application ranges for the diagrams so as to assure a maximum efficiency from the economical and technical point of view.

Energetica 11 (1963), No. 9, p. 468-476.

DC 621.316.13 : 621.3.014.3 : 001.24

Dimo, P., Moraite, G. and *Hückert, S.* : **Correct calculation of short circuit currents with simultaneous determination of radial, equivalent, independent (REI) diagrams, nodal images and transfer admittances**

Energetica 11 (1963), No. 9, p. 476-481.

DC 621.3.016.35 : 621.313.322

Cantaragiu, G. V.: **Application of the practical criteria $\frac{dP}{d\delta}$ and $\frac{dP}{dU}$ in the study of the static stability of a synchronous generator.**

Some analytical and graphic-analytical methods for the calculation of the operating conditions of a synchronous generator are presented. Examples are included for the proposed calculation method, the behaviour of the synchronous machine being investigated from the point of view of static stability, by applying the practical criteria $\frac{dP}{d\delta}$ and $\frac{dP}{dU}$.

Energetica 11 (1963), No, 9, p. 482-492.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.313.332

Corlăţeanu, V. and *Murgu, Z.* : **Asynchronous generator used in micro power plants**

Energetica 11 (1963), No. 9, p. 492-495.

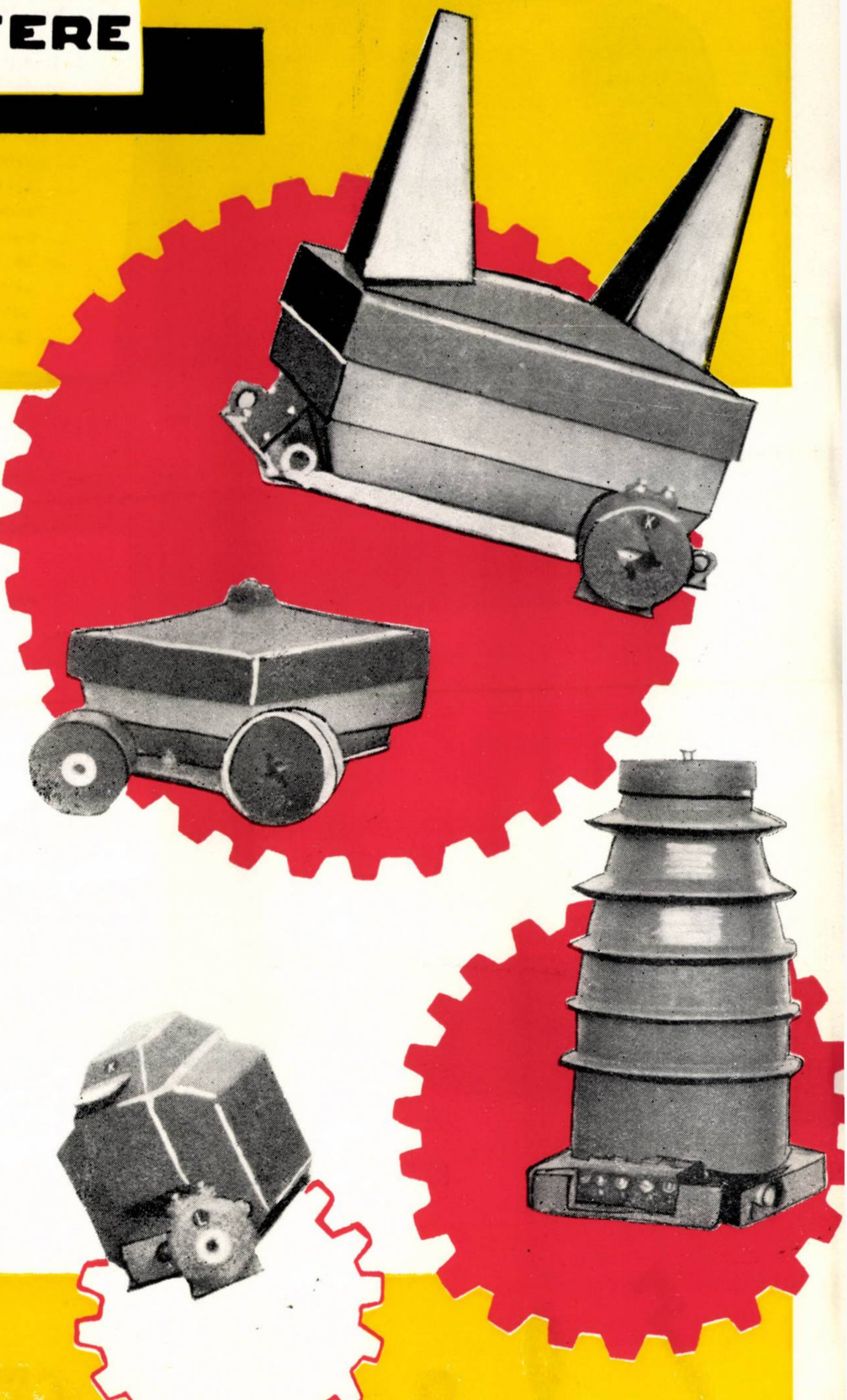
DOCUMENTATION

UZINELE
ELECTRO PUTERE

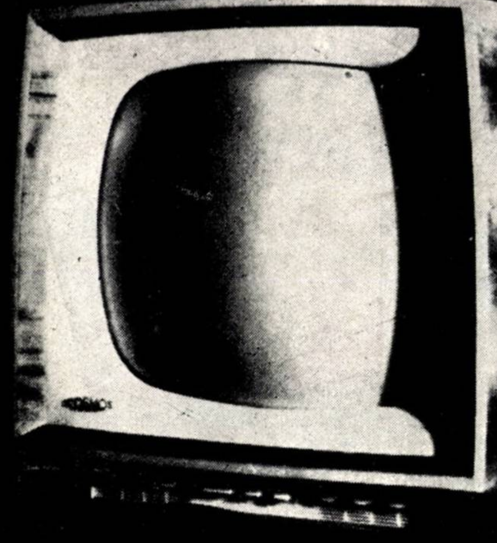
FABRICA DE APARATE ELECTRICE
DIN UZINELE
„ELECTROPUTERE"–CRAIOVA

produce și livrează
următorul echipament electrotehnic:

- Întreruptoare, transformatoare de măsură și separatoare pînă la 110 kV pentru stațiile de medie și înaltă tensiune
- Aparataj de comandă pentru mașinile electrice rotative
- Celule prefabricate de 6 (10) kV cu scheme corespunzînd unei varietăți însemnate de cerințe ridicate de condițiile de exploatare

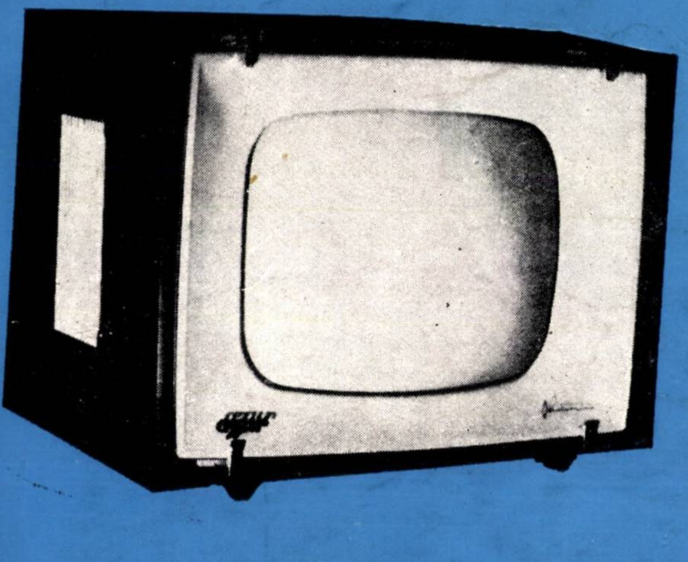


UZINELE ELECTROPUTERE
CRAIOVA – Calea București, nr. 262, Telefon: 28.00



„COSMOS"

- — Un televizor modern cu ecran mare avind diagonala de 54 cm.
- — Imaginea de cea mai bună calitate datorită strălucirii ei deosebite.
- — Aparatul este înzestrat cu cele mai noi dispozitive de reglaj automat.
- — Performanțe acustice deosebite.
- — Televizorul este realizat cu cablaj imprimat
- — Comutator de canale cu 12 poziții
- — 18 tuburi electronice + 9 diode semiconductoare + 1 redresor cu seleniu
- — 3 difuzoare



„AZUR"

- — Un televizor realizat cu circuite imprimate.
- — Linie elegantă; stabilitate remarcabilă în funcționare.
- — Imagine de înaltă calitate.
- — Comutator de canale cu 12 poziții
- — Diagonala ecranului de 43 cm.
- — 16 tuburi electronice + 2 diode cu germaniu + 2 diode cu seleniu
- — Tensiunile de alimentare: 120 V și 220 V.

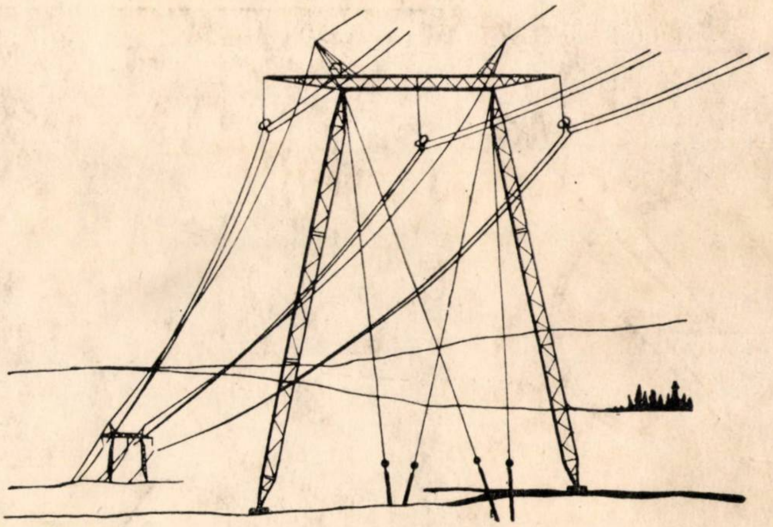
PRODUSE DE UZINELE

Electronica

E2039
R
J4.
7

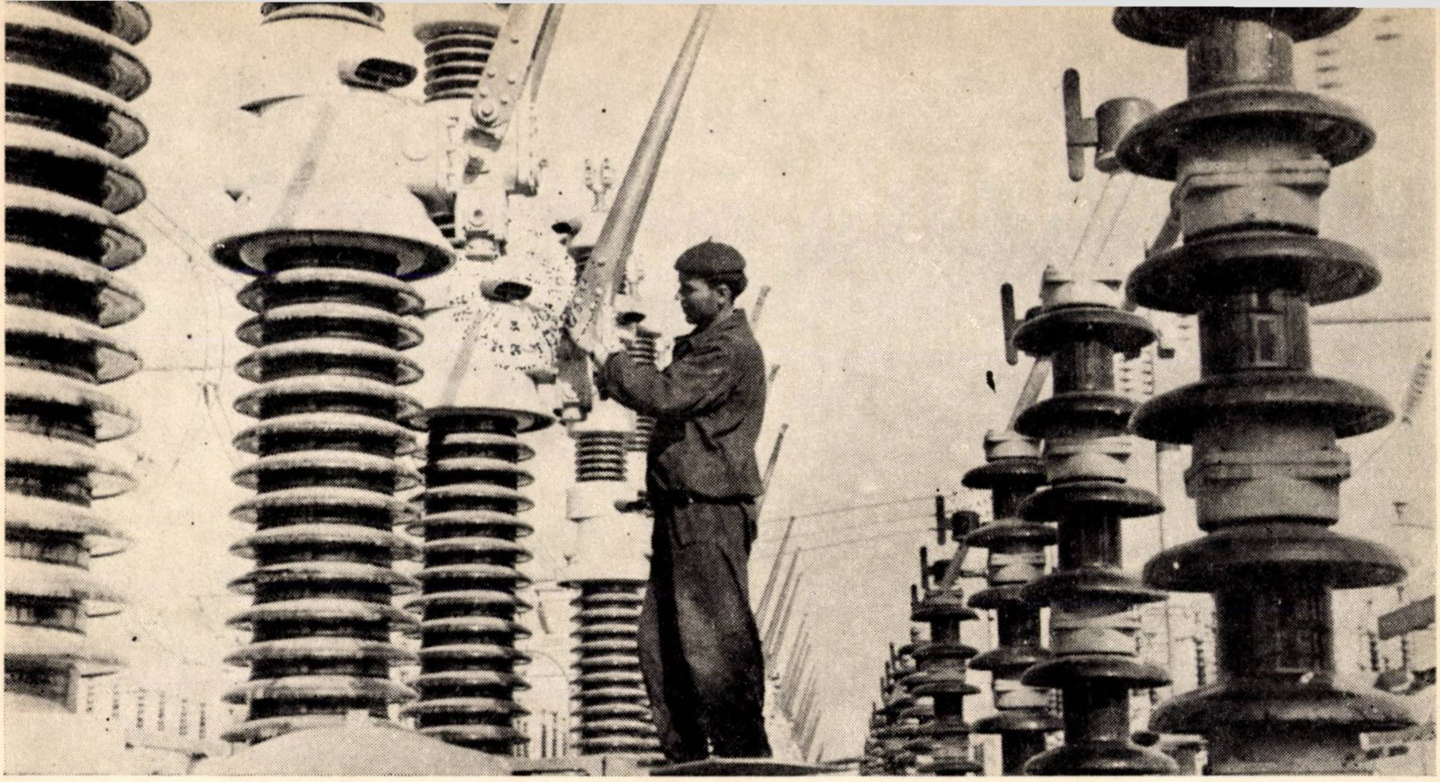
ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 10 ★ ENERGETICA



10

BUCUREȘTI ★ OCTOMBRIE ★ 1963



TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCȚII ȘI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale.

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 10 OCTOMBRIE 1963

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

CUPRINS

N. Pănoiu, I. Carabogdan, G. Singer şi *C. Crăciuneanu* **Stadiul actual şi perspectivele cazanelor de abur echipate cu focare ciclon cu evacuare lichidă a zgurei** 497–503

N. Antonescu **Unele aspecte privind calculul şi îmbunătăţirea funcţionării focarelor tubulare** 504–509

P. Iftime **Unele aspecte teoretice şi practice în funcţionarea lagărelor cu alunecare, radiale şi axiale, ale turbinelor cu abur** 510–519

F. Manea, S. Ionescu şi *P. Nicolae* **Influenţa unor parametri şi regimuri ale sistemului energetic asupra proceselor tranzitorii de reglaj frecvenţă-putere** 519–524

C. Guţu, M. Petcu şi *A. Soci* **Calculul efectelor economice ale întreruperilor electrice accidentale** 525–531

St. Popescu **Realizarea unui releu direcţional de tip electromagnetic prin modificarea unui releu de tensiune de fabricaţie curentă în R.P.R.** 531–539

DIN EXPLOATARE

Vl. Nicu **Determinarea debitelor de aer aspirate de ejectorul de vid din condensatorul turbinelor cu abur în funcţiune** 539–541

RECENZII

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. M. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

Revista ,,ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R (CNIT). Redacţia · Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: ,,IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie, Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: ,,IPROMIN" — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică ,,INFORMAŢIA", — Bucureşti c. 3666

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401

ENERGETICA

ANUL 11
1963
Nr. 10
OCTOMBRIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Stadiul actual şi perspectivele cazanelor de abur echipate cu focare-ciclon cu evacuare lichidă a zgurei

Ing. *N. PĂNOIU*, ing. *I. CARABOGDAN*, ing. *G. SINGER* şi ing. *C. CRĂCIUNEANU*

1. Apariţia şi avantajele focarelor-ciclon

Problema arderii combustibililor solizi reprezintă una dintre problemele actuale ale energeticii mondiale, ştiut fiind că aproape pentru toate ţările majoritatea rezervelor de combustibili clasici o constituie combustibilii solizi.

Această situaţie a condus la o multitudine de soluţii tehnice pentru instalaţiile energetice şi la o largă gamă de domenii de cercetare, corespunzătoare caracteristicilor energetice ale fiecărui combustibil, caracteristici care impun instalaţii de ardere specifice lor.

Astfel, pentru arderea cărbunilor s-au dezvoltat multiple instalaţii de ardere în strat, de ardere în stare pulverizată şi, recent, instalaţii de ardere în focare-ciclon. Aceste ultime instalaţii s-au dezvoltat ca urmare a necesităţii reducerii pierderilor prin ardere mecanic incompletă, posibilităţii trecerii la unităţi de putere mare şi foarte mare, necesităţii simplificării instalaţiilor de curăţire a gazelor de ardere, necesităţii de a folosi zgurele granulate în scopuri utile etc.

Trecerea la arderea combustibililor solizi în focare-ciclon permite:

a) Folosirea pe scară largă în unităţi energetice de mare şi foarte mare putere a combustibililor solizi de cele mai diferite calităţi.

b) Reducerea apreciabilă a cheltuielilor de investiţie în instalaţii, ca urmare a faptului că instalaţiile de ardere sînt mult mai compacte. Literatura de specialitate menţionează o reducere a suprafeţei ocupate de instalaţie cu 10%, reducerea volumului clădit cu 25% şi reducerea cheltuielilor pe kW instalat cu 1,5%.

c) Reducerea considerabilă a cheltuielilor de exploatare ca urmare a faptului că instalaţia de ardere necesită un combustibil cu o granulaţie mai grosieră.

d) Creşterea siguranţei în exploatare şi a gradului de disponibilitate a agregatului. Ca urmare a faptului că procesul de ardere este intensificat, el este cu mult mai stabil, permiţînd chiar întreruperi de 1–1,5 minute fără pericol de explozie. Gradul de disponibilitate a cazanelor de mare putere echipate cu focare-ciclon a ajuns în ultimul timp la peste 99%, disponibilitatea în momentul de faţă fiind condiţionată numai de uzura elementelor din sistemul de măcinare a combustibilului.

e) Automatizarea integrală a procesului de ardere.

2. Tipuri de focare-ciclon

În vederea acoperirii unei game de combustibili cît mai largi s-au dezvoltat mai multe tipuri de focare-ciclon:

a) Focarul-ciclon orizontal, dezvoltat în U.R.S.S., S.U.A. şi R.F.G., sub mai multe variante:

– focar orizontal propriu-zis,

– focar orizontal înclinat faţă de orizontală cu 5–20°, în direcţia evacuării zgurei.

Din punctul de vedere al introducerii combustibilului în asemenea focare s-au dezvoltat următoarele tipuri:

– focarul-ciclon orizontal cu introducerea axială a combustibilului şi introducerea tangenţială a aerului secundar (dezvoltat în U.R.S.S. şi S.U.A.);

– focarul-ciclon orizontal cu introducerea tangenţială a combustibilului şi aerului secundar (dezvoltat în U.R.S.S. şi R.F.G.);

– focarul-ciclon orizontal cu introducerea secantă a combustibilului şi introducerea tangenţială a aerului secundar (dezvoltat în ultimul timp în R.F.G.).

Din punctul de vedere al evacuării zgurei, au fost dezvoltate de asemenea:

– focarul-ciclon orizontal cu evacuarea lichidă a zgurei;

– focarul-ciclon orizontal cu evacuarea solidă a zgurei.

b) Focarul-ciclon vertical, dezvoltat în special în R.F.G. În figura 1 se prezintă tipurile principale de focare-ciclon folosite — sau în curs de folosire — în tehnica mondială [1].

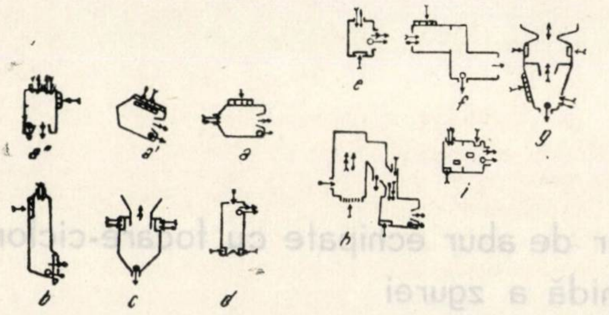


Fig. 1. Tipurile principale de focare-ciclon folosite în tehnica mondială :

a, a', a'' — focare-ciclon cu încărcări termice ridicate și evacuarea lichidă a zgurei; *b, c* — focare-ciclon cu încărcări termice medii și evacuarea lichidă a zgurei; *d, e* — focare-ciclon cu încărcări termice reduse și evacuarea solidă a zgurei; *f, g, h* — focare-ciclon combinate cu încărcări termice ridicate și evacuarea lichidă a zgurei; *i* — focar-ciclon combinat cu încărcare termică redusă și evacuarea solidă a zgurei; ╫|⟶ aer primar + combustibil;)⟶ aer secundar; •⟶ evacuarea zgurei; >>⟶ ieșirea gazelor de ardere.

În literatura de specialitate se remarcă o intensă preocupare a specialiștilor în domeniul cercetărilor și realizărilor unor asemenea focare pentru cazanele de mare și foarte mare putere, cazane la care instalațiile clasice de ardere nu mai dau satisfacție din motive tehnico-economice.

În lucrarea de față se prezintă tipurile caracteristice de cazane de abur echipate cu focare-ciclon cu evacuare lichidă a zgurei.

2.1. În U.R.S.S., pe baza unor cercetări efectuate la scară industrială pe un cazan de 18 t/h, 16 ata, 300°C, echipat cu un focar-ciclon orizontal cu două camere, montat în 1950 [2], [3], s-a trecut la construcția cazanelor de 170 t/h și 230 t/h, montate în 1957 [4].

Dintre cazanele de abur cu focare-ciclon de construcție sovietică sînt de remarcat cazanul de 230 t/h, 100 ata și 510°C, echipat cu patru focare-ciclon orizontale cu o inclinare de 5°, amplasate cîte două pe pereții laterali (fig. 2).

Focarele-ciclon au diametrul de 1900 mm și lungimea de 2300 mm, fiind construite din țevi cu diametrul de 44,5 mm, cu pasul de 50 mm.

Pentru asigurarea susținerii și răcirii materialului refractar, țevile sînt prevăzute cu ace sudate cu diametrul de 10 mm și lungimea de 20 mm, așezate în șah cu pasul între rînduri de 20 mm și pe circumferința țevii la 50°.

2.2. În S.U.A., focarele-ciclon au fost privite ca focare indicate pentru arderea cărbunilor cu zgură ușor fuzibilă, deoarece energetica americană dispune de asemenea combustibili, care, folosiți la instalații clasice de ardere, prezintă dificultăți de zgurificare.

Primul focar-ciclon american s-a pus în funcțiune în 1945, pentru ca în 1954 să fie în funcțiune 35 cazane cu focare-ciclon, iar în prezent sînt în funcțiune peste 100 cazane cu focare-ciclon. Toate cazanele sînt echipate cu focare-ciclon orizontale cu introducerea axială a combustibilului.

Reprezentativ este cazanul de 1 320 t/h la 247 ata și 565°C, montat la centrala „Indiana Michigan Electrical Comp." (fig. 3).

Cazanul este echipat cu opt focare-ciclon cu diametrul de 3 040 mm.

Focarele-ciclon americane se instalează la cazane cu debite mai mari de 136 t/h. Se consideră că în condițiile Americii, focarul-ciclon poate concura focarul cu cărbune pulverizat numai pentru cazane cu debite de peste 70 t/h [5]. Cele mai multe cazane recente sînt construite la debitul de 950 t/h, presiunea de 173 ata și temperatura de supraîncălzire a aburului de 565/540°C, sau la debitul de 1320 t/h, presiunea de 248 ata și temperatura de supraîncălzirea aburului de 565/565/565°C.

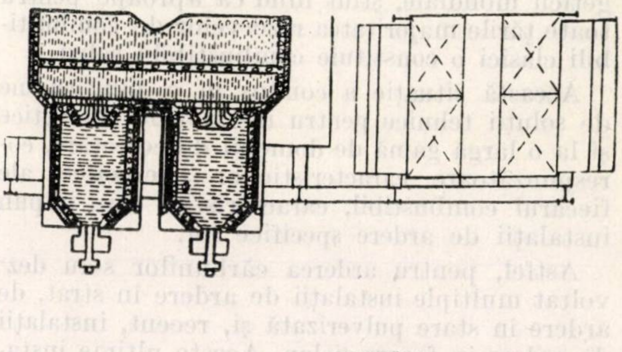
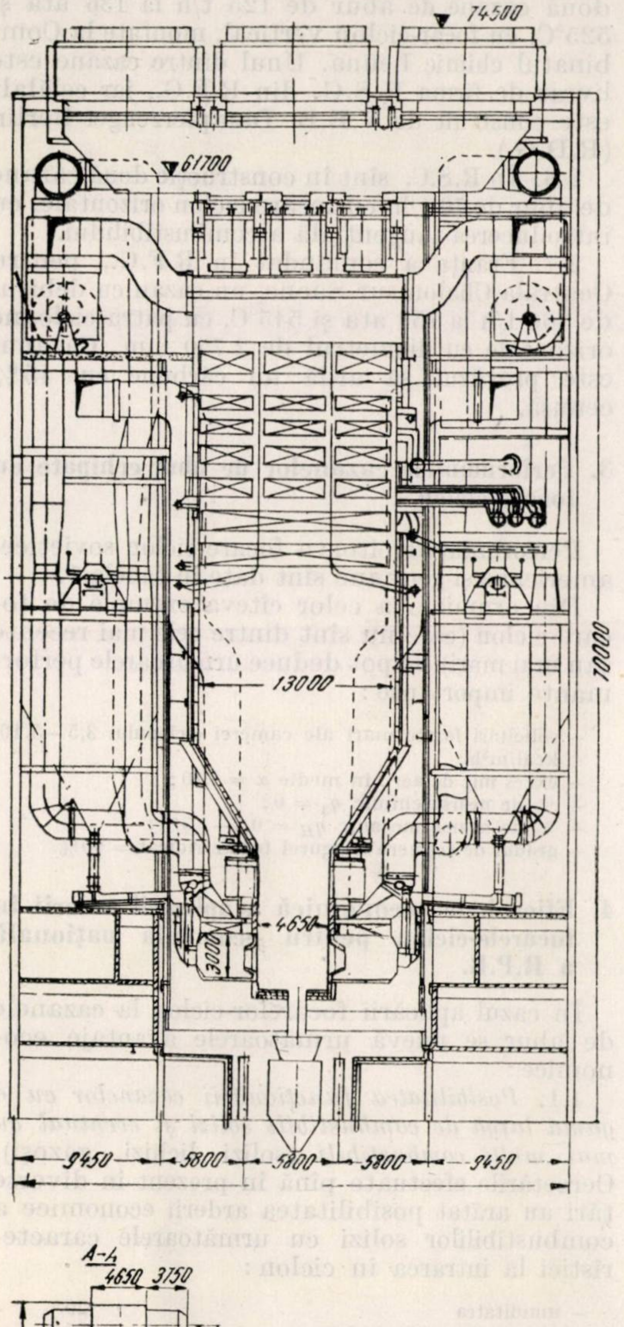
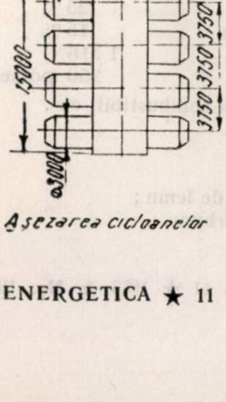


Fig. 2. Cazanul de abur de 230 t/h, 100 ata și 510°C, cu patru focare-ciclon (producție sovietică).

Pînă în 1950 cazanele se utilau cu opt focare-ciclon a cîte 90 t/h abur fiecare. Din 1951 s-a mărit diametrul focarului de la 2 040 mm la 2 750 mm, mărindu-se corespunzător debitul de abur pe fiecare focar pînă la 110—140 t/h.

În prezent se construiesc focare-ciclon orizontale cu diametrul de 3 040 mm, cu un debit de abur de 165 t/h. Începînd din anul 1956 s-a trecut, de asemenea, de la amplasarea frontală a cicloanelor pe unul sau două rînduri, la amplasarea lor pe pereţii laterali. În ultimele proiecte este aplicată suspendarea cicloanelor pe resoarte [6].





Aşezarea cicloanelor

Fig. 3. Cazanul american BW de 1 320 t/h, 247 ata şi 565°C.

2.3. În R.F.G. funcţionau, în 1957, 62 cazane de abur cu focare-ciclon, cu un debit total de 9 200 t/h [7].

În 1960 existau deja 310 cazane cu evacuarea lichidă a zgurei, cu un debit total de abur de 34 000 t/h, cu debite unitare de 25—400 t/h [8].

Dintre acestea, 17 % sînt prevăzute cu focare-ciclon orizontale, cu introducerea tangenţială a combustibilului, şi 9% cu focare-ciclon verticale. Pe lîngă focarele mari funcţionează o serie de focare obişnuite cu evacuare lichidă a zgurei, cu focare-ciclon auxiliare de dimensiuni mici (diametrul de 1 100—1 200 mm), destinate în special pentru topirea cenuşii antrenate, ce se introduce din captatoarele de cenuşă. Construcţia focarelor-ciclon orizontale este analogă cu a focarelor americane, cu deosebirea esenţială că la construcţiile germane introducerea combustibilului este tangenţială sau secantă, spre deosebire de cele americane, la care introducerea combustibilului este axială.

Introducerea tangenţială şi secantă a combustibilului a fost impusă deoarece cărbunii germani au un conţinut ridicat de cenuşă şi o temperatură ridicată de fuziune a acesteia [9]. Spre deosebire de practica americană, în R.F.G. focarele-ciclon orizontale se aplică la o gamă largă de combustibil, de la cărbunii bruni umezi $(W \leqslant 60\%\ M\ V^{mc} \leqslant 55\%)$, pînă la huile cu multă cenuşă $(A \leqslant 30\%\ M\ V^{mc} \leqslant 8\%)$.

În figura 4 se prezintă un cazan de abur cu străbatere forţată, cu debitul de 230 t/h, presiunea de 256 ata şi 535°C. Cazanul este echipat cu trei cicloane orizontale cu diametrul de 2 440 mm.

Paralel cu focarele-ciclon orizontale fabricate de firma Babcock-Wilcox, s-au extins şi focarele-ciclon verticale ale firmei K.S.G. La aceste focare, combustibilul şi aerul preîncălzit se introduc în focarul cilindric, vertical, tangenţial în partea superioară a focarului, în spaţiul format de pereţii focarului şi ajutajul de evacuare a gazelor, care pătrunde în focar. Cu toată viteza mică de insuflare a aerului (30—50 m/s), mişcarea de rotaţie ce se dezvoltă şi configuraţia focarului permit un grad ridicat de reţinere a zgurei în starea lichidă, care se evacuează prin orificiul central, amplasat în podeaua focarului. Focarul-ciclon vertical poate arde cărbune sau cărbune-gaze sau chiar cărbune-gaze-păcură. O mare parte din aceste focare au fost construite pentru arderea cărbunilor bruni. În figura 5 se prezintă cazanul de 390 t/h, 150 ata şi 535/535°C, cu focar-ciclon vertical pentru arderea combinată a prafului de cărbune, păcurii şi gazelor [10].

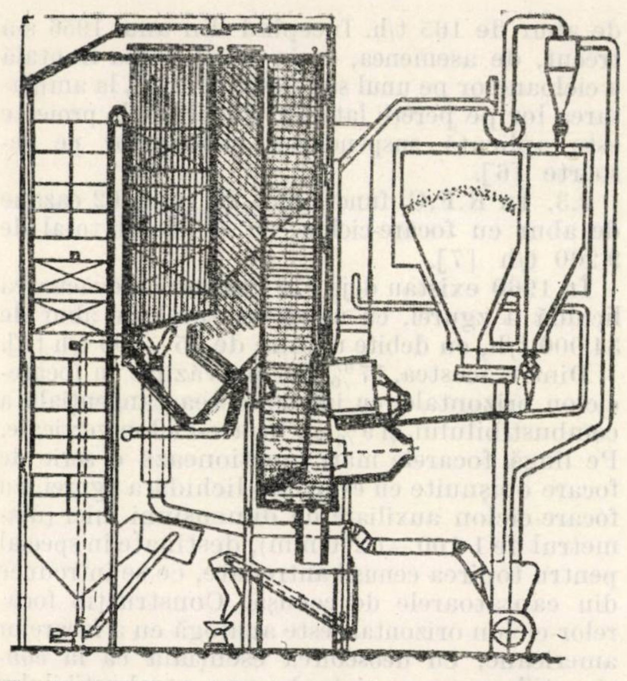


Fig. 4. Cazanul cu străbatere forţată cu focare-ciclon pentru cărbune brun de 230 t/h, 226 ata şi 535°C (producţie BW — R.F.G.).

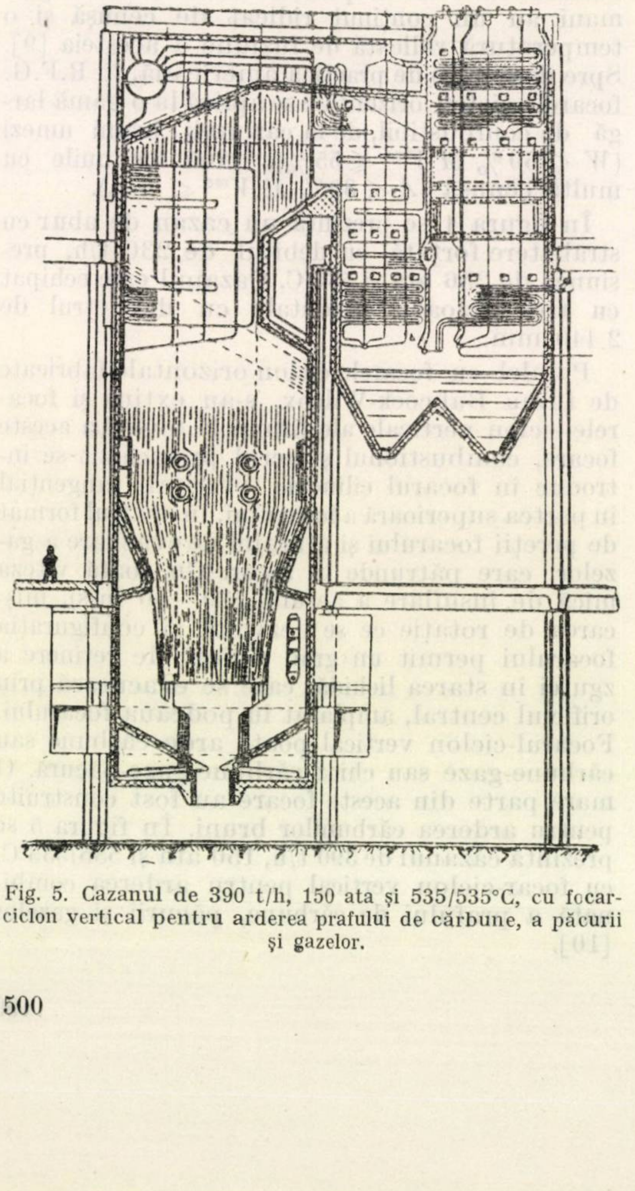


Fig. 5. Cazanul de 390 t/h, 150 ata şi 535/535°C, cu focar-ciclon vertical pentru arderea prafului de cărbune, a păcurii şi gazelor.

2.4. În Anglia, introducerea cazanelor cu focare-ciclon s-a făcut mai încet decît în S.U.A. şi R.F.G. Primul cazan cu focar-ciclon s-a pus în funcţiune în 1956, fiind un cazan de 90 t/h la 135 ata şi 510°C, cu un focar-ciclon orizontal cu diametrul de 2 750 mm, cu introducerea tangenţială a combustibilului.

2.5. În R.D.G. se menţionează existenţa a două cazane de abur de 125 t/h la 136 ata şi 525°C, cu focar-ciclon vertical, montate la Combinatul chimic Leuna. Unul dintre cazane este livrat de firma K.S.G. din R.F.G., iar celălalt este construit de V.E.B. Dampferzeuger-Berlin (R.D.G.).

2.6. În R.S.C. sînt în construcţie două cazane de abur de 70 t/h, cu focare-ciclon orizontale, cu introducerea tangenţială a combustibilului.

2.7. Franţa a comandat în R.F.G., pentru Centrala Chalon sur Saone, un cazan cu debitul de 360 t/h la 154 ata şi 545°C, cu patru cicloane orizontale cu diametrul de 2 750 mm. Cazanul este prevăzut să ardă un cărbune cu 45% cenuşă.

3. Performanţele cazanelor de abur echipate cu focare-ciclon

Performanţele cîtorva focare-ciclon sovietice, americane şi germane sînt date în tabela 1.

Din examinarea celor cîteva exemple de focare-ciclon (care nu sînt dintre cele mai recente sau mai mari), se pot deduce următoarele performanţe importante:

- solicitări foarte mari ale camerei ciclonului $3{,}5-5.10^6$ kcal/m^{3}h;
- exces mic de aer: în medie $\alpha = 1{,}10$;
- % de nearse chimic $q_3 = 0$;
- % de nearse mecanic $q_H = 0{,}2-1{,}5\,\%$;
- gradul de reţinere a zgurei foarte ridicat = 90%.

4. Eficacitatea economică a aplicării arderii în focarele-ciclon pentru economia naţională a R.P.R.

În cazul aplicării focarelor-ciclon la cazanele de abur se relevă următoarele avantaje economice:

4.1. *Posibilitatea funcţionării cazanelor cu o gamă largă de combustibili solizi şi eventual cu mai mulţi combustibili* (solizi, lichizi, gazoşi). Cercetările efectuate pînă în prezent în diverse ţări au arătat posibilitatea arderii economice a combustibililor solizi cu următoarele caracteristici la intrarea în ciclon:

— umiditatea	20%
— cenuşa (la masa de lucru)	25%
— materii volatile (la masa uscată)	15%
— temperatura de topire a zgurei	1 316°C
— viscozitatea zgurei (la 1 370°C)	250 poise.

Focarul ciclon funcţionează stabil cu combustibili ca:

- huile;
- cărbuni bruni;
- ligniţi;
- semicocs, cocs de petrol, deşeuri de lemn;
- păcură şi gaze în amestec cu cărbune.

Tabela 1

Performanțele cîtorva focare-ciclon sovietice, americane și germane

Denumirea focarului	Debit abur, t/h	B.P.ci V^c 10^6 kcal/m^{3}h	Exces aer, α	Temperatura aerului preîncălzit, t_{ap}, °C	q_3, %	q_4, %	Reținere zgură, %
TKZ-TET Lenenergo	57,5	5,35	1,15	400	—	0,15	90
BKZ-TET Lenenergo	85	4,9	1,1	400	0	1,5	90
TEM-TET Kuzbasenergo	85	4,5	1,1	400	0	1,5	90
B.W.-Joliot – S.U.A.	90	3,9	1,08–1,15	425	0	0,2	90
B.W.-Waukegan – S.U.A.	125	3,35	1,08–1,15	230–380	0	0,2	90
B.W.-Kiel – R.F.G.	40	4,12	1,11	400	0	0,03	90
K.S.G.-St. Andrä – Austria	50	1,15	1,1	300	—	—	75

4.2. *Trecerea rapidă și fără pericol de explozie de la un combustibil la altul.* Trecerea de la funcționarea cu cărbune la funcționarea cu combustibil lichid și gazos se realizează rapid și fără pericol de explozie, deoarece focarul prezintă o mare stabilitate a procesului de ardere, stingerea flăcării în focar pentru 1 —1,5 minute nefiind periculoasă, ca în cazul arderii cărbunelui pulverizat sau altor combustibili.

4.3. *Siguranța mărită în exploatare.* Experiența exploatării focarelor-ciclon a demonstrat cea mai înaltă siguranță în exploatare față de celelalte sisteme de ardere. Datorită stabilității mărite a procesului de ardere în focarul-ciclon, cazanul permite o funcționare normală într-o gamă largă de variație a debitului de abur, de 30—133 %; există instalații care permit funcționarea chiar pînă la o sarcină de 25 %, funcționarea la sarcini minime fiind condiționată doar de evacuarea zgurei. Mărirea gamei de variație a debitului cazanului conduce la economii de combustibili superiori cu care se funcționează la sarcini de sub 60 %. Este de subliniat faptul că exploziile în focar la funcționarea cu sarcini scăzute sînt complet evitate în cazul focarelor-ciclon.

Considerîndu-se o funcționare anuală a unui cazan de 110 t/h de circa 1 000 ore în domeniul de sarcină 30—60 %, printr-un calcul estimativ se constată o economie anuală de păcură de circa 1 000 tone (considerîndu-se la sarcina parțială o funcționare cu 20 % combustibil lichid și 80 % combustibil solid).

4.4. *Scăderea consumului de energie pentru serviciile interne ale cazanului de abur.* Datorită faptului că focarul-ciclon funcționează cu un combustibil de granulație grosieră, consumul de energie pentru măcinare este mai scăzut decît la instalațiile de ardere în stare pulverizată.

În diagrama din figura 6 se arată comparativ consumurile specifice de energie electrică la focarul ciclon și la focarul cu ardere în stare pulverizată, constatîndu-se pentru arderea cărbunilor rezistenți la măcinare (ligniți) o economie de energie electrică de 1 kWh/10^6 kcal, adică de

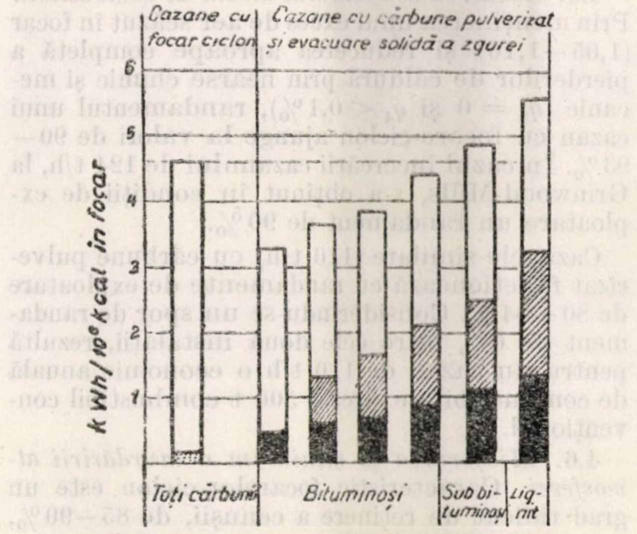


Fig. 6. Consumul specific de energie electrică pentru serviciile interne ale cazanului de abur cu focar-ciclon și cu focar cu cărbune pulverizat.

circa 20% din consumurile serviciilor interne ale cazanului.

La un cazan de circa 110 t/h, economia anuală de energie electrică va fi de circa 600 000 kWh (la o funcționare anuală de 6 000 ore).

Curba granulometrică a combustibilului recomandat pentru diversele tipuri de focare-ciclon este dată în figura 7.

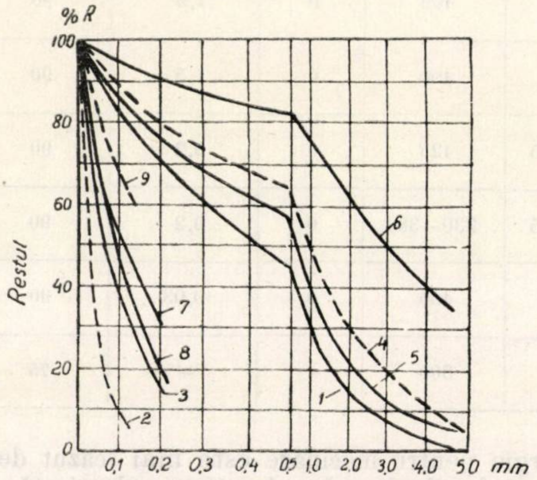


Fig. 7. Curba granulometrică a combustibilului pentru focarele-ciclon :

1 – focarul TKTI – Lenenergo (mărunt) ; *2* – focarul TKTI – Lenenergo (praf) ; *3* – VTI – Zakamskaia TET (praf) ; *4* – Stalinskaia TET (mărunt) ; *5* – focare-ciclon americane (mărunt granulație recomandată) ; *6* – focare-ciclon americane (limită superioară) ; *7* – focarul-ciclon orizontal BW – R.F.G. (pe cărbune brun praf) ; *8* – focarul-ciclon vertical KSG – R.F.G. (praf) ; *9* – focarul-ciclon BW – R.F.G. (mărunt de la Kiel).

4.5. *Scăderea consumului anual de combustibil.* Prin menținerea unui exces de aer scăzut în focar (1,05–1,10) și reducerea aproape completă a pierderilor de căldură prin nearse chimic și mecanic ($q_3 = 0$ și $q_4 < 0{,}1\%$), randamentul unui cazan cu focare-ciclon ajunge la valori de 90–93%. În cazul încercării cazanului de 124 t/h, la Grinwood-Mills, s-a obținut în condiții de exploatare un randament de 90%.

Cazanele similare (110 t/h) cu cărbune pulverizat funcționează cu randamente de exploatare de 80–84%. Considerîndu-se un spor de randament de 6% între cele două instalații, rezultă pentru un cazan de 110 t/h o economie anuală de combustibil de circa 3 500 t combustibil convențional.

4.6. *Micșorarea la minimum a murdăririi atmosferei.* Caracteristic focarelor-ciclon este un grad ridicat de reținere a cenușii, de 85–90%, în stare lichidă și antrenarea a maximum 10–15% ca cenușă volantă, ce urmează a fi separată în instalațiile de desprăfuire. La instalațiile de ardere în stare pulverizată, cenușa volantă reprezintă 80–85% din cantitatea totală de cenușă din combustibil, și ca atare instalațiile de desprăfuire sînt de circa 5 ori mai mari. În figura 8 se prezintă circulația cenușii și zgurei într-un cazan cu focar-ciclon față de aceea a unui cazan cu focar pentru cărbune pulverizat.

4.7. *Micșorarea cheltuielilor de reparații.* După datele existente, cheltuielile de reparații pentru mori, ventilatoare de coș și instalații de curățire a gazelor sînt cu mult mai ridicate la cazanele cu focare obișnuite decît cele la cazanele echipate cu focare-ciclon.

4.8. *Reducerea investiției în cazan, sala de cazane, fundații și conducte.* În focarele-ciclon de orice tip se realizează o puternică intensificare a procesului de ardere, care conduce la încărcări termice volumetrice cu mult mai ridicate decît cele din instalațiile clasice. Încărcarea termică a ciclonului variază între 3 și $12 \cdot 10^6$ kcal/m^{3}h, iar solicitarea spațiului total de ardere (focarul și camera secundară) este de (200–300) 10^3kcal/m^{3}h, față de 150.10^3kcal/m^{3}h, cît se realizează la arderea cărbunelui în stare pulverizată. Ridicarea încărcării termice volumetrice fără pericolul zgurificării focarului permite reducerea gabaritelor cazanului.

Astfel, în figura 9 este dată comparația între dimensiunile de gabarit ale cazanului de 136 t/h la funcționarea cu focar-ciclon și la funcționarea cu cărbune pulverizat [11].

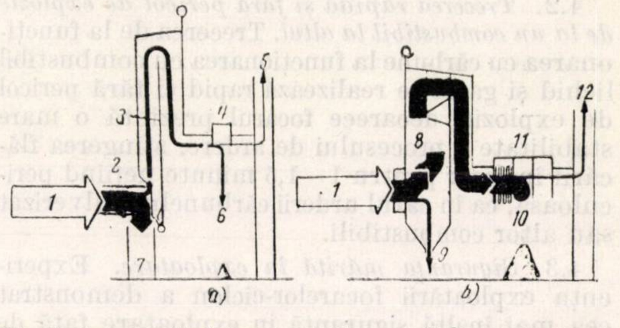


Fig. 8. Comparație între circulația cenușii la un cazan cu focar-ciclon și la un cazan cu cărbune pulverizat :

a – pentru cazanul cu focar-ciclon :

1 – cantitatea totală de cenușă (100%) ; *2* – se volatilizează 5% ; *3* – pleacă cu gazele de ardere prin cazan 15% ; *4, 6* – se reține în instalația de curățire a gazelor, cu randamentul de 90%, 13,5% ; *5* – ies cu gazele pe coș 1,5% ;

b – pentru cazanul cu ardere în stare pulverizată :

1 – cantitatea totală de cenușă 100% ; cade sub formă de zgură 15% ; pleacă cu gazele de ardere prin cazan 85% ; *10–11* – se reține în separatorul de praf, cu randamentul de 90%, 76,5% ; *12* – iese cu gazele de ardere în atmosferă 8,5%.

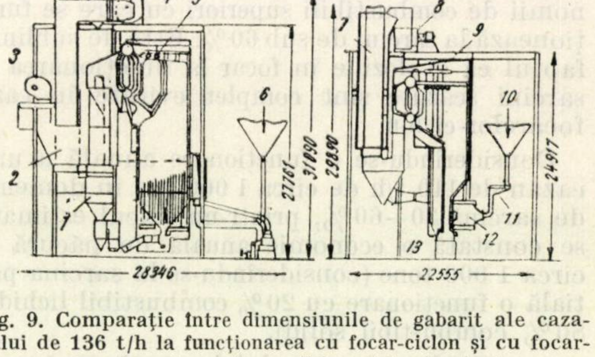


Fig. 9. Comparație între dimensiunile de gabarit ale cazanului de 136 t/h la funcționarea cu focar-ciclon și cu focar-cameră pentru arderea cărbunelui pulverizat :

1 – evacuarea cenușii ; *2* – preîncălzitor de aer ; *3* – ventilator de gaze (exhaustor) ; *4* – coș ; *5* – colector de ieșire a aburului supraîncălzit ; *6* – buncăr de cărbune ; *7* – preîncălzitor de aer ; *8* – două exhaustoare ; *9* – colector abur supraîncălzit ; *10* – buncăr de cărbune ; *11* – alimentator cu bandă ; *12* – focar-ciclon ; *13* – evacuarea zgurei.

Tabela 2

Indicii economiei realizaţi de un cazan de 110 t/h la funcţionarea cu focar-ciclon şi cu focar-cameră pentru arderea cărbunelui în stare pulverizată

Parametrul	U/M	Cazanul de 110 t/h		Economie pentru focarul ciclon
		cu focar-ciclon	cu cărbune pulverizat	
Exploatare				
Gama de variaţie a debitului	%	30–133	60–110	1 000 t/păcură an
Consumul specific de energie electrică	kWh/t_{ab}	5,5	6,5	600 000 $\frac{\text{kWh}}{\text{an}}$ 90 000 $\frac{\text{lei}}{\text{an}}$
Randamentul cazanului	%	90–92	80–84	
Pierderi de căldură prin ardere chimic incompletă	%	0	0,5	3 500 $\frac{\text{tcc}}{\text{an}}$ 1 050 000 $\frac{\text{lei}}{\text{an}}$
Idem, prin ardere mecanic incompletă	%	0,1	1	
Excesul de aer în focar	—	1,05–1,1	1,25	
Încărcarea termică volumetrică a focarului	10^3kcal/m^{3}h	200–300	150	
Cantitatea de cenuşă dată în atmosferă din cenuşa totală introdusă cu combustibilul	%	1,5	8,5	
Cheltuieli de reparaţie	%	20–25	100	50 000 lei/an
Grad de disponibilitate	%	99	90	
Investiţii				
Volumul ocupat în clădire	%	84	100	1 350 m^3 clădire şi 16 % din greutatea cazanului 2 200 000 lei
Lungimea cazanului	%	80	100	5,8 m
Înălţimea cazanului	%	90	100	2,9 m
Fundaţii conducte	%	80	100	—
Mărimea instalaţiei de curăţire a gazelor de ardere	%	20	100	400 000 lei

Se vede din figura 9 că la cazanele cu focar-ciclon lungimea cazanului se micşorează de la 28,4 la 22,6 m (cu 20 %) şi înălţimea cazanului scade de la 27,8 pînă la 24,9 m (cu 10 %). Volumul de clădire economisit la instalarea cazanului este de 1 350 m^3.

Volumul efectiv ocupat de cazan în clădire scade pentru cazanul cu focar-ciclon cu 16 %. Este, de asemenea, de remarcat scăderea fundaţiilor şi reducerea traseelor de conducte.

În tabela 2 se prezintă comparativ indicii realizaţi de un cazan de 110 t/h, echipat cu focar-ciclon şi cu un focar pentru cărbune pulverizat. Rezultă din tabelă, în favoarea focarului-ciclon, o economie de investiţii de circa 2 600 000 lei (aproximativ 8 % din costul instalaţiei) şi o economie anuală în exploatare de circa 1 200 000 lei [12].

Bibliografie

[1] Knorre, F. G. şi Najdarov, A. M. *Ţiklonnie topki*. Gosenergoizdat, M-L 1958.

[2] Barstein, I. K. şi Polleak, M. I. *Kotloturbostroenie*, nr. 5, 1947.

[3] Barstein, I. K. ş.a. *Osvoenie i issledovannie ţiklonoi topki sistemî kovrighin*. Trudî TKTI. Maşghiz nr. 26, 1954.

[4] *Nekotorîe glavneişie rabotî, vîpolnenîe taganrogskim zavodom „Krasnîi kotelişcih"*, 1956.

[5] Kollins, I. W. *Small and Medium-Size Cyclone-Furnace Boilers*. Steam Engineer, martie 1955, p. 206–209.

[6] Knorre, F. G. şi Stîrikovici, A. M. *Blijaişie perspektivî razvitiia kotelno topocinoi tehniki*. Teploenerghetika nr. 6, 1956, p. 3–9.

[7] Janer, W. *Betriebserfahrungen mit einem Braunkohlen Zyklon Kessel*. Mitt. V.G.B. nr. 53, 1958, p. 121–131.

[8] Bachmair, A. *Einfluss der Brenner Konstruktion auf die Feuerführung*. Mitt. V.G.B. nr. 64, 1960, p. 1–12.

[9] Cautius, W. *Erfahrungen mit Horizontal-zyklonfeuerungen*. BWK VIII (1956), nr. 6, p. 284–290.

[10] Maksimov, M. V. *Kotelnîe agregatî bolşoi paroproizvoditelnost*. Maşghiz, 1961.

[11] *Energhetika za rubejom. Promîşlennîe elektrostanţii S.Ş.A.* Gosenergoizdat, Moskva, 1961.

[12] Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G. şi Crăciuneanu, C. *Studiu şi temă de proiectare pentru instalaţia-pilot de ardere în focar-ciclon*. Studiu intern I.E., 1962.

Unele aspecte privind calculul şi îmbunătăţirea funcţionării focarelor tubulare

Ing. *N. ANTONESCU*

Focarul tubular este deseori utilizat în construcţia cazanelor mici, atît datorită avantajului că permite construcţii compacte, cît şi datorită faptului că face posibilă realizarea unor încărcări termice volumetrice mari printr-o ardere intensificată. Un exemplu de astfel de focar este acela al cazanului Vuia-IE, în care se obţin încărcări de 70.10^6 kcal/m^{3}h, sau al focarelor unor cazane ignitubulare, cu încărcări de $10-30.10^6$ kcal/m^{3}h.

Intensificarea puternică a arderii în focarele tubulare se explică prin vitezele mari de ardere ce se obţin datorită autoturbulizării flăcării. Într-adevăr, o serie de rezultate experimentale [1] au dus la concluzia că în frontul de flacără ia naştere o foarte puternică turbulenţă adiţională, datorită accelerării gazelor în această zonă; în cazul unor viteze turbulente mari de ardere şi în ipoteza unei turbulenţe izotrope, componenta fluctuantă produsă în frontul de flacără a vitezei este:

$$u' = v' = w' = \frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{\rho_a - \rho_g}{\rho_g}\right) u_0, \qquad (1)$$

unde:

u', v', w' sînt componentele fluctuante ale vitezei;
ρ_a, ρ_g — densitatea amestecului combustibil, respectiv a gazelor de ardere;
u_0 — viteza normală de ardere.

În raport cu turbulenţa creată în flacără, turbulenţa iniţială este în general neglijabilă, astfel că nu sînt necesare măsuri speciale de realizare a unei turbulenţe iniţiale puternice a amestecului combustibil în vederea obţinerii unei arderi intensificate.

Din focarele tubulare, cel cu secţiune circulară prezintă cel mai întins domeniu practic de aplicabilitate, astfel că cercetările întreprinse au urmărit determinarea condiţiilor de funcţionare şi mărimea vitezei de ardere la aceste tipuri de focare.

1. Desfăşurarea arderii în focarul tubular

Cazul arderii în focarul tubular a unui amestec combustibil omogen, stabilizată pe o sursă punctiformă de aprindere plasată pe axul focarului, a fost studiat de mai mulţi autori [2], [3], [4]. Acest caz, denumit în general al frontului de flacără V, este relativ mai puţin avantajos din punctul de vedere al intensificării arderii decît cazul frontului de flacără conic, la care stabilizarea se face pe o sursă circulară de aprindere plasată pe circumferinţa focarului [5]. Din acest motiv, în instalaţiile curente de focare tubulare se utilizează stabilizatoare periferice ale frontului de flacără. Obiectul acestui articol îl constituie studiul desfăşurării arderii în aceste condiţii.

Ipotezele ce se fac în ceea ce priveşte condiţiile iniţiale se referă la considerarea unui curent de amestec combustibil perfect omogen şi care intră în focar cu o viteză uniformă pe secţiune. Avînd în vedere că aerul este diaterman şi conţinutul de combustibil relativ mic (în cazul metanului 1/10), se mai admite ipoteza că frontul de flacără nu influenţează temperatura amestecului combustibil dinaintea lui.

Modelul de focar studiat este prezentat în figura 1.

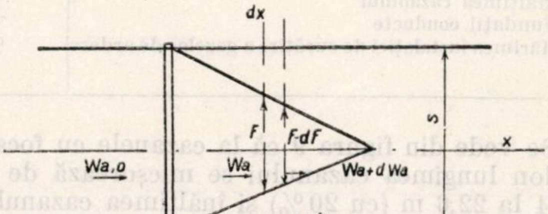


Fig. 1.

Notaţiile adoptate în cele ce urmează sînt următoarele:

w — viteza
F — aria secţiunii interioare a conului de flacără
S — secţiunea focarului
p — presiunea
x — abscisa (axa tunelului)
ρ — densitatea
T — temperatura
C_p — căldura specifică
Q — cantitatea de căldură degajată
Q_0 — puterea calorică masică a amestecului combustibil

şi indicii:

a — amestec combustibil
g — gaze de ardere
0 — secţiune iniţială.

Pentru determinarea relaţiilor de calcul ale focarului tubular se scriu ecuaţiile de bază energetice şi de curgere, după cum urmează:

Ecuaţia conservării masei pentru întregul curent, pentru o secţiune oarecare x şi cea vecină $x + \mathrm{d}x$:

$$\mathrm{d}F\,(\rho_g w_g - \rho_a w_a) + \rho_g\,(S - F)\,\mathrm{d}w_g + F \cdot \mathrm{d}w_a = 0. \qquad (2)$$

Ecuația cantității de mișcare pentru aceleași secțiuni:

$$- S\mathrm{d}p = \mathrm{d}F\,(\rho_g w_g^2 - \rho_a w_a^2) + 2\,\rho_a w_a F \mathrm{d}w_a + + 2\,\rho_g w_g (S-F)\,\mathrm{d}w_g. \tag{3}$$

Ecuația lui Bernoulli pentru curentul de amestec proaspăt:

$$- \mathrm{d}p = \rho_a\, w_a\, \mathrm{d}w_a. \tag{4}$$

Ecuația conservării energiei pentru două secțiuni vecine x și $x + \mathrm{d}x$:

$$\mathrm{d}Q = \frac{2\,\frac{A}{2g}\left[\left(1 - \frac{Q}{Q_0}\right) w_a \mathrm{d}w_a + \frac{Q}{Q_0}\, w_g \mathrm{d}w_g\right]}{1 - \frac{1}{Q_0}\left[\frac{A}{2g}\,(w_g^2 - w_a^2) + C_{pg} T_g - C_{pa} T_a\right]}. \tag{5}$$

Ecuația conservării masei amestecului combustibil la trecerea prin frontul de flacără:

$$F \cdot \mathrm{d}w_a - w_a\, \mathrm{d}F + u_T \sqrt{4\pi F} \cdot \mathrm{d}x = 0. \tag{6}$$

Sistemul de ecuații diferențiale (2)—(6) reprezintă rezolvarea problemei arderii în focarul tubular cu stabilizare periferică în cazul relativ simplu, cînd se neglijează grosimea frontului de flacără și pierderile de căldură prin pereții focarului. În cazul cînd se ține seamă și de acești doi factori, sistemul de ecuații va avea trei variabile suplimentare: grosimea frontului de flacără S_x, temperatura gazelor de ardere T_g și densitatea gazelor de ardere ρ_g.

Conform cercetărilor lui K. P. Vlasov [2], grosimea frontului de flacără este:

$$S_x = \frac{6u_T}{D \cdot w_a} \cdot \sigma \cdot x, \tag{7}$$

unde:

D este diametrul focarului tubular și

σ — deplasarea statistică medie a frontului de flacără: $\sigma = \sqrt{\overline{Y^2}}$.

Variația temperaturii gazelor de ardere va fi:

$$\mathrm{d}T_g = - \frac{Q_p \cdot \mathrm{d}x}{Q/Q_0 \cdot \rho_a \cdot g \cdot w_{a_0} \cdot S \cdot C_{pg}}, \tag{8}$$

unde Q_p este pierderea de căldură a tubului pe unitatea de lungime, iar variația densității gazelor de ardere este dată de relația:

$$\mathrm{d}\rho_g = - \rho_g \frac{\mathrm{d}T_g}{T_g}; \tag{9}$$

Ținînd seamă de rezultatele obținute de I. A. Șcerbina [6], variația parametrilor fluidului în interiorul grosimii frontului de flacără poate fi liniarizată, astfel că pentru intervalul cuprins între limita internă și cea externă a frontului de flacără, corespunzător intervalului de secțiune F și $(\sqrt{F} + 1{,}77\, S_x)^2$, se poate calcula cu parametrii medii:

$$\left.\begin{aligned} (T_g)_{S_x} &= \frac{1}{2}\,(T_a + T_g) \\ (w_g)_{S_x} &= \frac{1}{2}\,(w_a + w_g) \\ (\rho_g)_{S_x} &= \frac{1}{2}\,(\rho_a + \rho_g) \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

Din rezultatele experimentale obținute, și care se vor prezenta în continuare, a reieșit că pentru calculele practice precizia la care conduce sistemul de ecuații (2—6) este suficientă; de aceea precizările aduse de ecuațiile (7—10) sînt utilizate numai în cazuri izolate, unde se cer rezultate exacte.

Scriind explicit creșterile variabilelor din sistemul de ecuații (2—6), trecînd la diferențe finite și introducînd factorii adimensionali:

$$\frac{w_g}{w_a} = B,\ \frac{\rho_g}{\rho_a} = \rho^*,\ \frac{S}{F} = f \text{ și } \frac{f + 2\,(B-1)}{B\,(2 - \rho^* B) - 1} = \varphi,$$

se obține un sistem de ecuații rezolvabile pas cu pas:

$$\Delta p = \text{parametru} \tag{11}$$

$$\Delta w_g = - \frac{\Delta p}{\rho_a} \frac{1}{w_a \cdot \rho^* (f-1)} \left[\varphi(1 - \rho^* B) - 1\right] \tag{12}$$

$$\Delta w_a = - \frac{\Delta p}{\rho_a} \cdot \frac{1}{w_a} \tag{13}$$

$$\Delta F = - \frac{\Delta p}{\rho_a} \frac{F}{w_a^2}\, \varphi \tag{14}$$

$$\Delta x = - \frac{\Delta p}{\rho_a} \frac{\sqrt{F}}{3{,}54 \cdot w_a \cdot u_T} (\varphi - 1) \tag{15}$$

$$\Delta Q = - \frac{\Delta p}{\rho_a} \frac{2\,A/2g}{1 - \frac{1}{Q_0}\left[\frac{A}{2g}\,(w_g^2 - w_a^2) + C_{pg} T_g - C_{pa} T_a\right]} \times \left[1 - \frac{Q}{Q_0} + \frac{QB}{Q_0\, \rho^* (f-1)} \left[\varphi(1 - \rho^* B) - 1\right]\right] \tag{16}$$

În cazul cînd intervalele de calcul se aleg relativ mari în raport cu variabilele respective, este necesar să se aducă o corecție în special creșterii Δx; formula care se utilizează în acest caz în locul relației (15) este:

$$\Delta x = - \frac{\Delta p}{\rho_a} \frac{\sqrt{F}}{3{,}54 \cdot w_a \cdot u_T \sqrt{1 - \frac{\Delta F}{2F}}} (\varphi - 1). \tag{15'}$$

2. Variația principalilor parametri în lungul focarului tubular

Pentru a studia variația principalilor parametri ai amestecului combustibil, gazelor de ardere și frontului de flacără în lungul focarului, au fost calculate, cu ajutorul ecuațiilor (11), (12), (13), (14), (15′) și (16), regimurile de funcționare a focarului corespunzînd vitezelor inițiale ale amestecului combustibil $w_a = 4$; 6; 8; 30 și 40 m/s.

Celelalte date inițiale ale calculului au fost:

Diametrul focarului tubular — $D = 100$ mm;

Combustibil — gaz metan;

Exces de aer — $\alpha = 1$;

Temperatura amestecului combustibil — $T_a = 293°K$;

Densitatea amestecului combustibil — $\rho_a = 0,126 \frac{kg \cdot s}{m^2}$;

Densitatea relativă a gazelor de ardere — $\rho^* = 0,12$.

Dacă se reprezintă grafic, în mărimi adimensionale, funcție de coordonata x/x_{max}, rezultatele calculelor efectuate, se obțin o serie de curbe cu caracter general, a căror interpretare conduce la rezultate importante.

În figura 2 este prezentată variația vitezei relative a amestecului combustibil, w_a/w_{a_0}, și variația vitezei relative a gazelor de ardere, $w_g/w_{g_{max}}$, exprimate funcție de coordonata relativă x/x_{max}, adică în lungul focarului tunel.

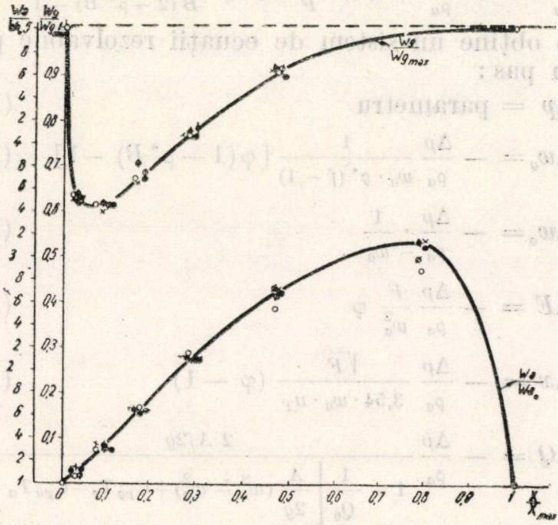


Fig. 2.

Se observă că punctele reprezentative pentru toate regimurile se aliniază, cu foarte mici abateri, pe o curbă unică pentru w_a/w_{a_0} și $w_g/w_{g_{max}}$. Viteza de înaintare a amestecului combustibil crește de la valoarea inițială pînă la valoarea relativă maximă de 3,1, adică $w_{a_{max}} = 3,1\ w_{a_0}$, care are loc la circa 0,8 din lungimea totală a conului de flacără.

După acest maxim, viteza scade relativ brusc din nou pînă la valoarea inițială.

Viteza de înaintare a gazelor de ardere scade repede de la valoarea inițială pînă la o valoare minimă de 0,62, adică $w_{g_{min}} = 0,62\ w_{g_{max}}$, care are loc la 0,08 din lungimea totală a conului de flacără.

Urmează, în continuare, pînă la terminarea procesului de ardere, o creștere relativ lentă pînă la valoarea inițială a vitezei.

În figura 3 sînt reprezentate curbele generale de variație în raport cu coordonata x/x_{max} a mărimilor adimensionale F/F_{max}, $D_f/D_{f\,max}$ și $\Delta p/\Delta p_{max}$.

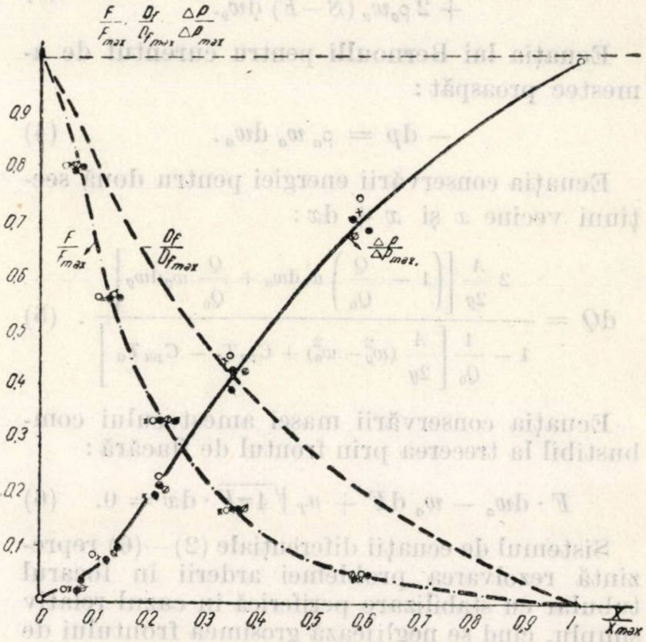


Fig. 3.

Curba variației secțiunii relative a conului flăcării F/F_{max}, în lungul focarului, arată o scădere accentuată pînă la aproximativ 0,3 din lungimea conului de flacără, după care variația devine lentă pînă la sfîrșitul arderii.

Curba de variație a diametrului relativ al conului de flacără $D_f/D_{f\,max}$, în lungul focarului (echivalentă cu curba $\sqrt{F/F_{max}}$), arată profilul real în focar al frontului de flacără. Este interesant de remarcat și aici că exprimarea adimensională a mărimilor prezentate duce la relații funcționale independente de regimul de funcționare a focarului.

Curba căderii de presiune $\Delta P/\Delta P_{max}$ este încet crescătoare pe o lungime de 10% din lungimea flăcării, apoi crește repede în intervalul 10—70%, după care crește din nou mai încet pînă la terminarea arderii.

În figura 4 se prezintă curba de variație, în lungul focarului, a degajării relative a căldurii de ardere Q/Q_{tot}.

Este de remarcat că în prima jumătate din lungimea conului de flacără este ars 80% din combustibil și, de asemenea, că o ultimă porțiune de 20% din lungimea focarului servește la efectuarea arderii a numai 5% din cantitatea totală de combustibil.

Ca o primă concluzie importantă din punct de vedere practic apare posibilitatea ca, în cazul cînd într-o instalație sînt create condițiile de terminare a arderii în afara focarului, acesta să fie scurtat cu 20—50%, fără ca prin aceasta să se micşoreze stabilitatea arderii, avînd în vedere că 80–95% din combustibil a ars în prima zonă. Efectul economic va fi, conform diagramei din figura 3, că pierderile de presiune se vor reduce cu 15–40%.

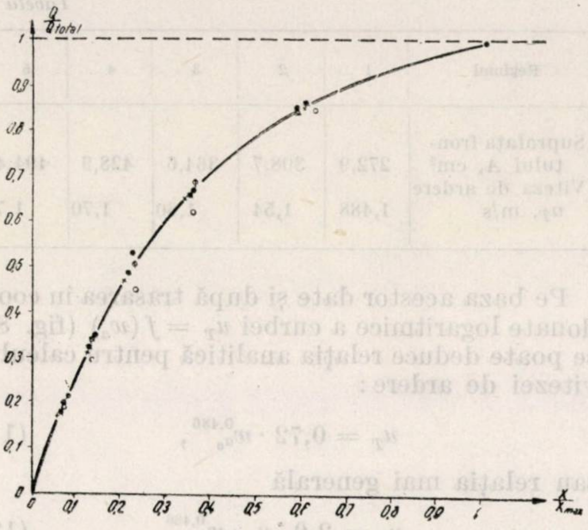


Fig. 4.

Utilizarea diagramelor generalizate prezentate mai sus simplifică considerabil calculul focarelor-tunel, deoarece reprezintă rezolvarea grafică a ecuaţiilor (2)–(6).

Astfel, după cum a rezultat din diagrama din figura 3, există o curbă unică $F/F_{max} = f(x/x_{max})$, independent de viteza iniţială a amestecului combustibil şi deci de regimul de lucru al focarului. Cunoscînd viteza de ardere u_T pentru un regim oarecare de funcţionare, trasarea poziţiei frontului de flacără în focarul-tunel devine simplă. Se cunoaşte alura curbei frontului de flacără şi suprafaţa lui totală, A, pentru care există relaţia:

$$S \cdot w_{a_0} = A \cdot u_T, \tag{17}$$

sau

$$A = S\,\frac{w_{a_0}}{u_T}. \tag{18}$$

Cu aceste două elemente: forma şi mărimea suprafeţei, trasarea poziţiei frontului de flacără în focar se rezolvă grafic.

În continuare celelalte elemente de calcul ale focarului-tunel se deduc astfel:

— viteza axială medie a curentului de amestec combustibil, w_a, va fi într-o secţiune oarecare definită de raportul x/x_{max}, dată de diagrama din figura 2;

— viteza axială medie a gazelor de ardere va fi dată de aceeaşi diagramă, cunoscînd că viteza lor iniţială este:

$$w_{g_0} = w_{g_{max}} = \frac{w_{a_0}}{\rho^*}; \tag{19}$$

— cantitatea de căldură degajată pînă într-o secţiune oarecare a frontului de flacără, Q, este dată de raportul Q/Q_{tot} pentru secţiunea respectivă din diagrama redată în figura 4.

3. Viteza de ardere

Obiectivele cercetărilor experimentale au fost, pe de o parte, verificarea preciziei calculelor efectuate cu sistemul simplificat de ecuaţii (2)–(6), respectiv (11)–(16), pe de altă parte determinarea unei relaţii de calcul pentru viteza de ardere u_T în condiţiile specifice ale stabilizării periferice a flăcării în focarul tubular.

Instalaţia experimentală folosită a permis efectuarea unor măsurători precise ale cîmpului de viteze în curgerea fără ardere şi determinarea suprafeţei şi poziţiei frontului de flacără în funcţionare la cald.

Focarul tubular experimental este prezentat în figura 5.

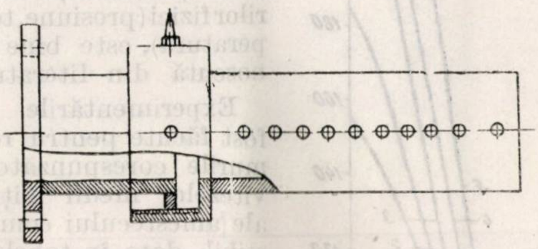


Fig. 5.

În experimentările la rece s-a ridicat, cu ajutorul unei sonde direcţionale de viteză, cîmpul vitezelor axiale la diferite regimuri de funcţionare, caracterizate prin viteza medie w_{a_0} de înaintare a amestecului combustibil (fig. 6).

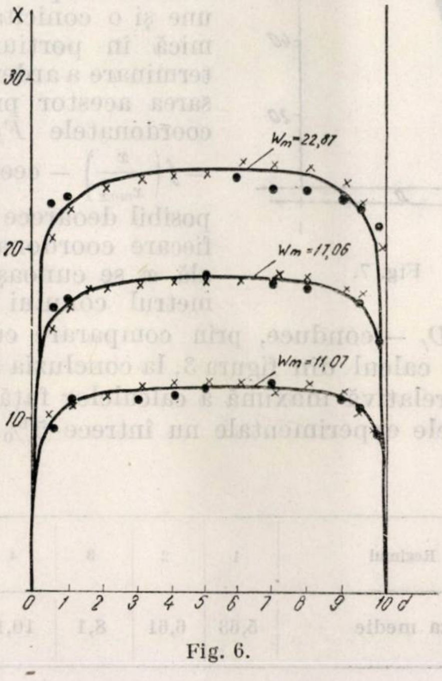


Fig. 6.

Analizînd diagramele, se constată că repartiția vitezelor pe secțiune este cea caracteristică curgerii turbulente în tuburi. Palierul relativ plat de viteze pe circa 80 % din secțiunea tubului indică o influență neglijabilă asupra curgerii a diferitelor obstacole din amonte: omogenizator, protecție antiretur, stabilizator.

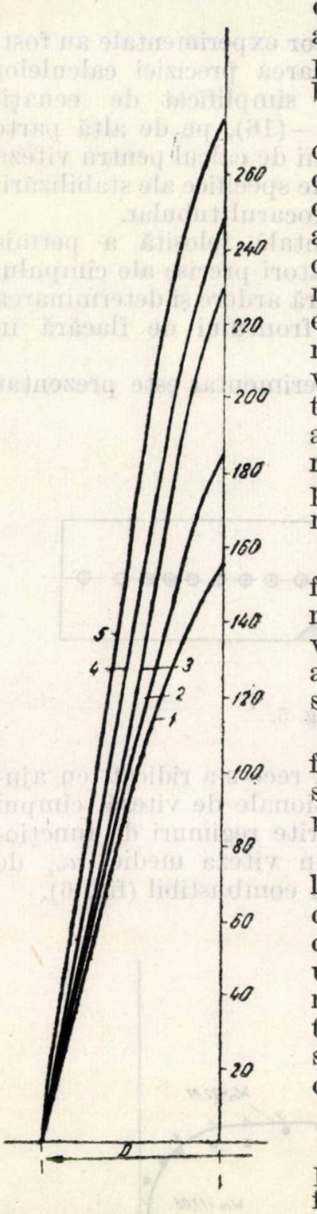


Fig. 7.

Experimentările la cald au fost făcute în condițiile unui amestec omogen de gaz metan și aer în proporție stoichiometrică. Excesul de aer nu a fost variat în cursul experimentărilor, deoarece influența asupra vitezei de ardere a factorilor chimici, ca de altfel și influența factorilor fizici (presiune, temperatură), este bine cunoscută din literatură.

Experimentările au fost făcute pentru regimurile corespunzătoare vitezelor medii inițiale ale amestecului combustibil, date în tabela 1.

Forma frontului de flacără obținută din măsurătorile efectuate este prezentată în figura 7.

Se constată că profilele au o formă regulată, cu o conicitate mai accentuată în prima porțiune și o conicitate mai mică în porțiunea de terminare a arderii. Trasarea acestor profile și coordonatele $F/F_{max} = f\left(\frac{x}{x_{max}}\right)$ — ceea ce este posibil deoarece pentru fiecare coordonată axială x se cunoaște diametrul conului de flacără D_f — conduce, prin comparare cu profilul de calcul din figura 3, la concluzia că abaterea relativă maximă a calculelor față de rezultatele experimentale nu întrece 5 %.

Tabela 1

Regimul	1	2	3	4	5
Viteza medie	5,63	6,61	8,1	10,13	12,15

Suprafețele frontului de flacără rezultate din măsurătorile făcute și, corespunzător acestor suprafețe, vitezele de ardere sînt prezentate în tabela 2.

Tabela 2

Regimul	1	2	3	4	5
Suprafața frontului A, cm²	272,9	308,7	364,6	428,9	494,4
Viteza de ardere u_T, m/s	1,488	1,54	1,60	1,70	1,77

Pe baza acestor date și după trasarea în coordonate logaritmice a curbei $u_T = f(w_a)$ (fig. 8), se poate deduce relația analitică pentru calculul vitezei de ardere:

$$u_T = 0{,}72 \cdot w_{a_0}^{0{,}436}, \tag{17}$$

sau relația mai generală

$$u_T = 2{,}0 \cdot u_0 \cdot w_{a_0}^{0{,}436} \tag{18}$$

Pentru găsirea unei relații de calcul mai generale a vitezei de ardere u_T, este indicată efec-

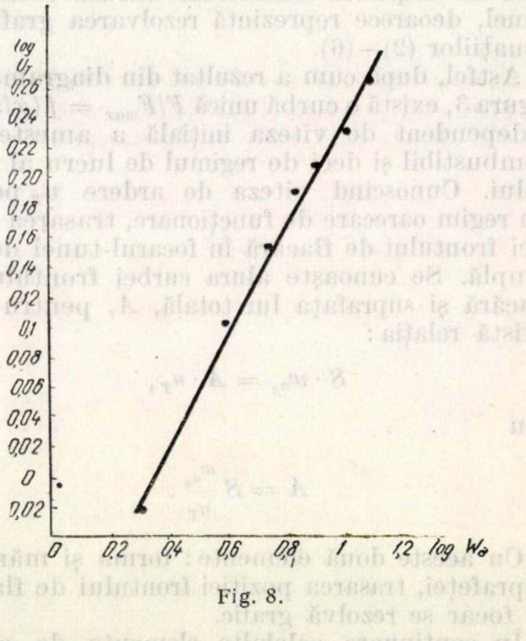


Fig. 8.

tuarea analizei criteriale a ecuației (15), care exprimă legătura între viteza de ardere și diferiții factori geometrici și funcționali ai focarului. În acest scop, ecuația (15) se scrie sub forma ei inițială:

$$dx = -\frac{dp}{\rho_a}\,\frac{1}{3{,}54 \cdot u_0 \cdot u_T \sqrt{F}}\left[w_a\,\frac{S - 2F + 2F\,\dfrac{w_g}{w_a}}{2\,w_a w_g - w_a^2 - \rho^* w_g^2} - \frac{F}{w_a}\right]. \tag{19}$$

Pentru a pune în evidență și viteza normală de ardere, s-a utilizat în această ecuație viteza relativă de ardere turbulentă:

$$u_T^* = \frac{u_T}{u_0}. \qquad (20)$$

Ținînd seamă că o serie de variabile sînt echivalente, ecuația (19) se scrie utilizînd coeficienții C de similitudine între două regimuri oarecare:

$$C_D = \frac{C_{\Delta p}}{C_{\rho_a} \cdot C_{u_0} \cdot C_{u_T^*} \cdot C_D} \left[C_{w_{a_0}} \frac{C_D^2}{C_{\rho^*} \cdot C_{w_{a_0}}^2} - \frac{C_D^2}{C_{w_{a_0}}} \right], \qquad (21)$$

de unde rezultă:

$$\frac{C_{\Delta p}}{C_{\rho_a} \cdot C_{w_{a_0}} \cdot C_{\rho^*} \cdot C_{u_0} \cdot C_{u_T^*}} = 1. \qquad (22)$$

Revenind la variabilele inițiale și notînd cu U mărimea adimensională rezultată, se obține:

$$\frac{\Delta p}{\rho_a \cdot \rho^* \cdot u_0 w_{a_0} \cdot u_T^*} = U. \qquad (23)$$

Mărimea U, pentru aplicațiile practice, este indicat să fie exprimată funcție de criteriul Re, care cuprinde principalul parametru funcțional al focarului tunel, w_{a_0}, și parametrul geometric principal, D.

În consecință, relația finală de calcul va fi:

$$U = f(\mathrm{Re}), \qquad (24)$$

unde

$$\mathrm{Re} = \frac{\bar{w}_{a_0} \cdot D}{\nu},$$

din care se poate deduce valoarea vitezei de ardere u_T.

Comparativ cu relațiile experimentale prezentate în formulele (17) și (18), determinarea vitezei de ardere prin intermediul mărimii U prezintă avantajul de a fi o metodă mai generală, bazată și pe reprezentarea fizică a procesului de ardere.

Explicarea relației (24) se face pe baza datelor experimentale ridicate pe focarul-tunel experimental, prezentate în tabela 3.

Tabela 3

w_{a_0}	Δp	u_T	ρ_a	ρ^*	U	Re
4,05	14	1,27	0,126	0,12	180,2	24,750
5,63	27	1,45	0,126	0,12	218,5	34,400
6,61	35	1,55	0,126	0,12	226,0	40,400
8,1	51	1,60	0,126	0,12	260	49,500

Reprezentarea într-o diagramă dublă logaritmică a relației $U = f(\mathrm{Re})$ conduce la obținerea unei drepte (fig. 9).

Relația de legătură rezultată din această reprezentare este:

$$U = 0{,}813 \cdot \mathrm{Re}^{0{,}533}. \qquad (25)$$

Din cele prezentate rezultă următoarele concluzii principale:

Calculul focarelor-tunel cu stabilizare periferică poate fi făcut analitic sau grafic, prin trasarea unor curbe generalizate de variație a principalilor parametri funcționali în coordonate adimensionale. Aceste curbe nu sînt funcție de regimul de lucru al focarului.

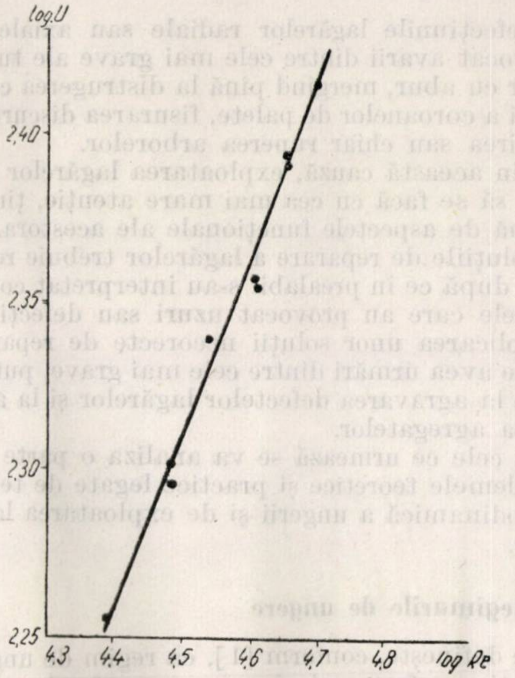


Fig. 9.

Pentru determinarea relațiilor de calcul al vitezei de ardere se pot utiliza formulele empirice de tipul $u_T = f(u_0, w_{a_0})$ sau relații criteriale folosind mărimea adimensională U, definită de relația:

$$\frac{\Delta p}{\rho_a \cdot \rho^* \cdot u_0 \, w_{a_0} \, u_T^*} = U.$$

Din datele experimentale se deduce o dependență între U și criteriul Re:

$$U = 0{,}813 \cdot \mathrm{Re}^{0{,}533},$$

relație care poate fi utilizată în calculele de focare tubulare.

Bibliografie

[1] * * * *Proțessi goreniia.* Moskva, G.I.F.M.L., 1961.

[2] Vlasov, K. P. *Stabilizațiia plameni i razvitie proțessa sgoraniia v turbulentnam potoke.* Moskva, Oboronghiz, 1961.

[3] Ievlev, V. N. Sixth symposion on combustion. New York, 1956.

[4] Iida, H. Sixth symposion on combustion. New York, 1956.

[5] Miese, C. C. Combustion and Flame, V (1961), nr. 2, p. 141–148.

[6] Șcerbina, I. A. *Rașciot profilei temperaturi pri goreni.* Trudî M.F.T.I., vîp. 3, Moskva, Oboronghiz, 1959.

Unele aspecte teoretice și practice în funcționarea lagărelor cu alunecare, radiale și axiale, ale turbinelor cu abur

Ing. *PETRE IFTIME*

Defecțiunile lagărelor radiale sau axiale au provocat avarii dintre cele mai grave ale turbinelor cu abur, mergînd pînă la distrugerea completă a coroanelor de palete, fisurarea discurilor, îndoirea sau chiar ruperea arborelor.

Din această cauză, exploatarea lagărelor trebuie să se facă cu cea mai mare atenție, ținînd seamă de aspectele funcționale ale acestora.

Soluțiile de reparare a lagărelor trebuie realizate după ce în prealabil s-au interpretat corect cauzele care au provocat uzuri sau defecțiuni.

Aplicarea unor soluții necorecte de reparare poate avea urmări dintre cele mai grave, putînd duce la agravarea defectelor lagărelor și la avarierea agregatelor.

În cele ce urmează se va analiza o parte din problemele teoretice și practice legate de teoria hidrodinamică a ungerii și de exploatarea lagărelor.

1. Regimurile de ungere

Se definește, conform [1], ca regim de ungere teoretic perfect acela în care suprafețele solide care-și transmit reciproc încărcările exterioare și care se găsesc într-o stare de mișcare relativă sînt complet separate printr-o peliculă sau film de lubrifiant.

Apariția filmului de lubrifiant se datorește următoarelor trei proprietăți fizice sau geometrice, întîlnite simultan la cele două suprafețe în mișcare, și anume:

a) Mișcării relative a suprafețelor solide.

b) Variației distanței dintre suprafețele solide, distanță diferită pe suprafețe de la punct la punct.

c) Viscozității lubrifiantului, fără de care nașterea peliculei portante, capabilă să suporte presiuni, este de neconceput.

Cu toate că grosimea filmului de fluid lubrifiant care separă suprafețele este foarte mică în raport cu celelalte dimensiuni, mișcarea lubrifiantului are loc potrivit legilor hidrodinamicii fluidelor vîscoase, cunoscute sub denumirea de ecuațiile lui Navier-Stokes.

Avînd în vedere că efectul viscozității este predominant, se pot neglija forțele de inerție și greutatea fluidului.

Se disting următoarele regimuri de ungere:

1.1. Regimul fluid, în care fluidul aderă perfect la pereții pieselor, datorită fenomenului de adsorbție, iar grosimea filmului de lubrifiant este suficientă pentru a separa complet suprafețele în mișcare.

În acest caz, frecarea depinde numai de viscozitate.

1.2. Regimul semiuscat. Dacă distanța dintre suprafețele metalice se micșorează, ajungînd de ordinul de mărime al moleculelor, regimul fluid încetează, iar fenomenul de ungere capătă alte aspecte, datorită în primul rînd adsorbției și așa-zisei onctuozități a fluidului.

Reținerea moleculelor de lubrifiant de către suprafețele metalice se datorește cîmpurilor electrice moleculare reciproce (metal-fluid) și este dependentă de structura chimică a lubrifiantului.

Din această cauză, fixarea pe metal este mai mare pentru uleiurile care conțin legături nesaturate, valențe libere care cuprind grupul carboxil COO. Legăturile nesaturate caracterizează uleiurile minerale, iar carboxilul — pe acelea animale.

Moleculele care cuprind legături nesaturate se orientează față de suprafața metalică, dirijînd înspre aceasta partea care corespunde funcțiunii chimice ce înlesnește fenomenul de adsorbție. Deasupra stratului primar se așază alte pături, care la rîndul lor se orientează cu părțile active față în față. Aceste pături aderă puternic una de alta, în timp ce suprafețele *AA* (fig. 1) sînt caracterizate prin forțe reduse de atracție reciprocă, ele constituind suprafețe de alunecare cu forțe de frecare foarte mici.

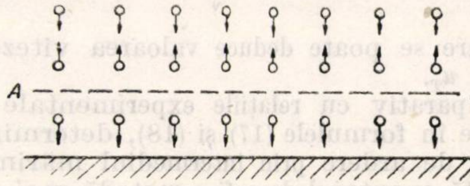


Fig. 1.

Dacă stratul de fluid este suficient de gros, atunci orientarea moleculelor dispare repede și așezarea acestora depinde de legile probabilității, iar alunecarea reciprocă este caracterizată prin viscozitate.

În cazul cînd grosimea filmului de fluid se reduce la cîteva rînduri de molecule, fenomenul de frecare este datorit în principal numai proprietăților electro-chimice ale uleiului și ale suprafețelor metalice.

Frecarea depinde de forțele intermoleculare, care provoacă fixarea acestora pe metal și orientarea lor.

Proprietatea uleiului de a crea straturi de molecule orientate, separate prin suprafețe de alunecare între care frecarea este redusă, se numește onctuozitate sau putere de ungere.

Acest regim de ungere imperfectă este inevitabil în fazele tranzitorii (pornire, oprire), cînd pelicula nu s-a format încă. El prezintă un stadiu anormal în funcționare și trebuie evitat.

1.3. Regimul uscat se realizează atunci cînd între suprafețele în mișcare nu există film de fluid, suprafețele metalice fiind în contact direct. Frecarea uscată este permisă numai în foarte rare cazuri, din cauza energiei mari consumate, a încălzirilor exagerate, a uzurii mari și a accidentelor ce pot surveni.

1.4. Regimul semifluid se întîlnește în cazul insuficientei cantități de ulei, cînd filmul de ulei devine prea subțire, apărînd contact local între suprafețele în mișcare.

Regimul semifluid poate fi privit ca un proces intermediar între cel fluid și semiuscat. O delimitare precisă între regimul fluid și semiuscat nu este practic posibilă.

Regimul hidrodinamic poate fi, la rîndul său, laminar sau turbulent. Legea de frecare laminară este cunoscută sub denumirea de legea lui Newton :

$$\mathrm{d}F = \eta \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}n} \mathrm{d}A,$$

în care :

F este mărimea forței de frecare;

η — viscozitatea dinamică;

$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}n}$ — gradientul vitezei;

A — suprafața de frecare.

Tensiunea tangențială sau rezistența specifică pe care o opun straturile de fluid învecinate contra deplasării se exprimă prin formula :

$$\tau = \frac{\mathrm{d}F}{\mathrm{d}A} = \eta \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}n}.$$

2. Ecuațiile ungerii

2.1. Primele cercetări asupra procesului ungerii pe baze hidrodinamice au fost făcute în 1883 de savantul sovietic prof. N. P. Petrov. Petrov a demonstrat că frecarea în lagăre depinde de calitățile lubrifiantului, și nu de materialul fusului și al cuzinetului.

Pentru a demonstra ecuația fundamentală a ungerii se consideră [2] două suprafețe plane înclinate (fig. 2), suprafața AB fiind fixă, iar suprafața inferioară — mobilă, avînd viteza u, separate printr-un film de fluid lubrifiant, și se va scrie ecuația de echilibru, luînd în considerare forțele care acționează pe fețele elementului de volum, cu dimensiunile $\mathrm{d}x$, $\mathrm{d}y$ și 1, în cele trei direcții ox, oy, oz.

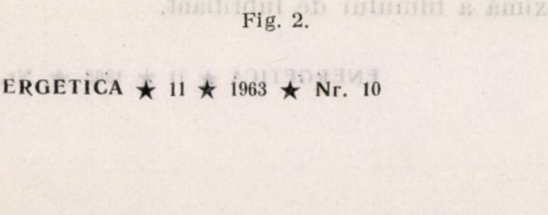

B
A
y
dx
x
dy
h
y
x
0
u
$\eta \frac{\partial}{\partial y}\left(v + \frac{\partial v}{\partial y} dy\right)$
$p + \frac{dp}{dx} dx$
p
$\eta \frac{\partial v}{\partial y}$

Fig. 2.

S-a notat cu v viteza fluidului lubrifiant în planul xoy și cu W viteza fluidului în planul zoy, p — presiunea fluidului care acționează asupra elementului de volum considerat și h — distanța variabilă în planul xoy, între cele două suprafețe în mișcare relativă.

Ecuația fundamentală de variație a presiunii fluidului lubrifiant în lungul suprafeței portante, în funcție de distanța h dintre suprafețele în mișcare relativă, este :

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}x} = -\frac{6\,\eta u\,(h - h_m)}{h^3}.$$

S-a notat cu h_m grosimea fluidului lubrifiant în secțiunea în care presiunea lubrifiantului este maximă $\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}x} = 0\right)$.

Analizînd această ecuație, rezultă imediat necesitatea înclinării unei suprafețe în raport cu cealaltă, pentru a se crea un film de lubrifiant care să poată realiza o forță portantă.

2.2. Se analizează în continuare ecuația presiunii și portanței între două suprafețe înclinate cu un unghi foarte mic (fig. 3), avînd lungimea în direcția Z infinită. Tratarea acestui caz particular este deosebit de importantă, deoarece duce la o serie de concluzii interesante pentru pătrunderea procesului de ungere și constituie baza pentru studiul lagărelor axiale.

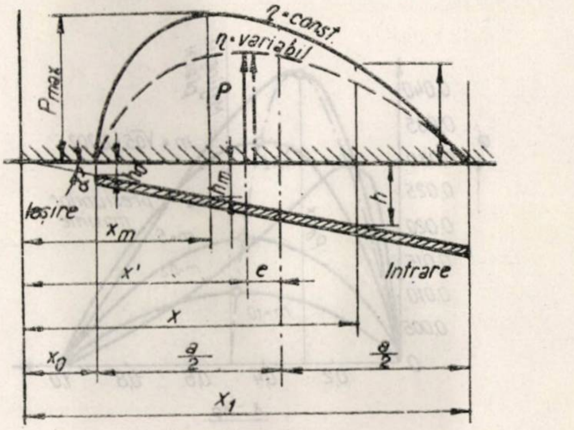


Fig. 3.

Se consideră ca origine vîrful unghiului α; acest unghi, împreună cu abscisa x_0, corespunzătoare extremității plăcii, fixează poziția celor două suprafețe.

Ecuația presiunii se scrie ținînd seamă de notațiile din figura 3, introduse în ecuația fundamentală a ungerii.

S-a notat cu x_m abscisa punctului în care presiunea are valoarea maximă.

Dacă se iau în considerare condițiile-limită pentru care presiunea este zero ($x = x_0$ și $x = x_1$), integrarea ecuației diferențiale dă funcția presiunii:

$$p_x = \frac{6\,\eta u}{\alpha^2} \cdot \frac{(x_1 - x)(x - x_0)}{(x_0 + x_1)\,x^2} = K\Phi,$$

în care s-a notat:

$$K = \frac{6\,\eta u}{\alpha^2};\ \Phi = \frac{(x_1 - x)(x - x_0)}{(x_0 + x_1)\,x^2}.$$

Introducînd cifra caracteristică $m = \frac{x_0}{a}$ și luînd ca punct de origine muchia de ieșire a plăcii $\left(\text{deci introducînd o nouă variabilă } \xi = \frac{x - x_0}{a}\right)$ ecuația presiunii devine:

$$p_x = K'\,\Phi',$$

în care:

$$K' = \frac{6\,\eta\, ua}{h_0^2};\ \Phi' = \frac{m^2(1 - \xi)\,\xi}{(2m + 1)\,(m + \xi)^2}.$$

Variația presiunii în plan este reprezentată în figura 3. În figura 4 se reprezintă grafic dependența funcției Φ' de m și de ξ și a presiunii pentru $h_0 = \text{const.}$ și $\eta = \text{const.}$

În figura 5 sînt reprezentate aceleași curbe ca în figura 4 pentru η variabil.

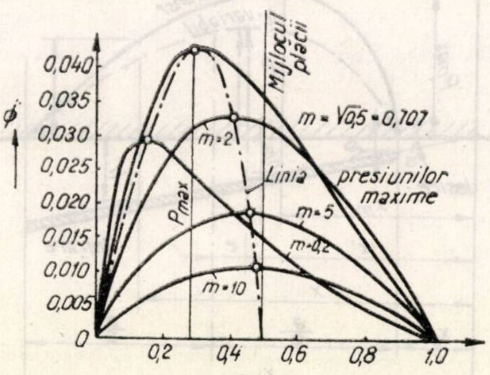


Fig. 4.

Din analiza figurilor 4—5 și a expresiilor care dau valoarea presiunii, rezultă că coordonata corespunzătoare presiunii maxime este deplasată față de centrul plăcii spre muchia de ieșire. Ca urmare a acestui fapt, și forța portantă a plăcilor plane acționează excentric în raport cu mijlocul plăcilor și este mai aproape de muchia de ieșire.

Se constată că, cu cît crește m, adică se mărește înclinarea plăcilor, crește excentricitatea și invers. Prin această deplasare a forței, concomitent cu schimbarea înclinării, plăcile tind să-și păstreze permanent echilibrul, recăpătîndu-și poziția inițială.

Acest automatism al menținerii echilibrului stabil a fost folosit ca principiu pentru construcția lagărelor axiale tip Mitchell.

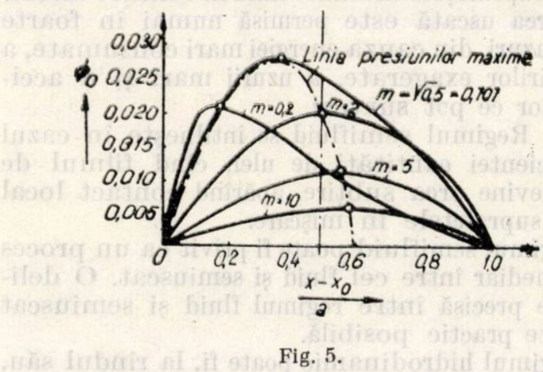


Fig. 5.

În formule s-a considerat viscozitatea constantă. În realitate, viscozitatea η este o mărime fizică variabilă, depinzînd de temperatură, iar temperatura este o funcție de punct, în stratul de lubrifiant.

Experiențe numeroase au arătat că temperaturile cresc cînd h scade și invers.

În consecință, η scade sau crește o dată cu h, dat fiind că η variază invers față de temperatură.

În figura 6 s-au reprezentat pentru un lagăr circular aceste mărimi, putîndu-se verifica cu ușurință cele arătate mai sus. De aceea s-a legat

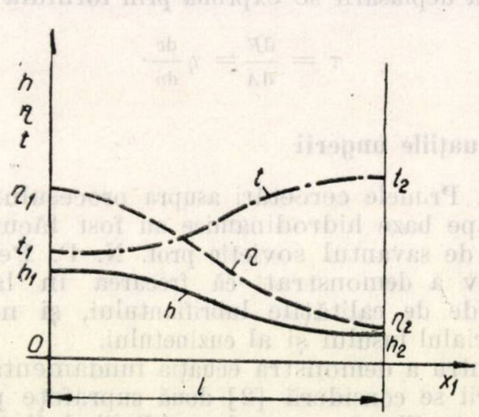


Fig. 6.

direct viscozitatea de grosimea h, admițîndu-se, conform [1], în genere o relație de forma:

$$\eta = \eta_1 \left(\frac{h}{h_1}\right)^{\Delta},$$

în care Δ poate avea valori diferite, cuprinse de obicei între 0 și 1, iar h_1 corespunde punctului unde $\eta = \eta_1$. De obicei se consideră h_1 grosimea maximă a filmului de lubrifiant.

Cercetările făcute asupra influenţei variaţiei viscozităţii cu temperatura au dus la următoarele constatări:

1. Curba presiunilor are aspectul punctat din figura 4. Poziţia presiunii maxime este deplasată spre muchia de intrare.

2. Curba care uneşte punctele de presiune maximă nu se mai înscrie în jumătatea din lăţimea plăcii, ci pe o distanţă mai mare (fig. 5).

3. Punctul de acţiune a forţei portante este deplasat, de asemenea, spre muchia de intrare (fig. 3).

3. Aplicarea teoriei hidrodinamice la ungerea fusurilor

Se reamintesc, pe scurt, poziţiile pe care un fus le ocupă în cuzinetul unui lagăr cînd numărul de rotaţii al fusului creşte de la zero la infinit şi cînd între fus şi cuzinet în stare de repaus există film de ulei.

În figura 7 sînt redate poziţiile fusului pentru patru situaţii diferite. După cum se poate observa, la atingerea unui anumit număr de rotaţii, presiunea fluidului lubrifiant din spaţiul în formă de pană devine atît de mare, încît arborele se ridică şi se reazemă pe filmul de lubrifiant (fig. 7, *b*, *c*).

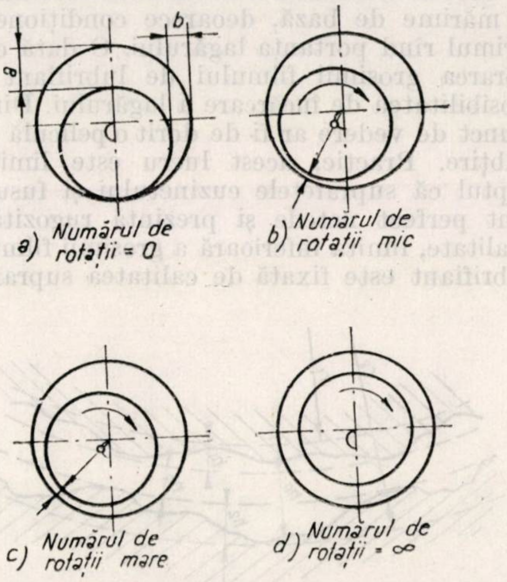

b
a
a) Numărul de rotaţii = 0
b) Numărul de rotaţii mic
c) Numărul de rotaţii mare
d) Numărul de rotaţii = ∞

Fig. 7.

În cazul acesta, fusul arborelui se aşază excentric în raport cu cuzinetul.

După teoria lui Hümbel [3], pe măsura creşterii turaţiei, centrul de rotire a fusului descrie un semicerc, tinzînd spre centrul cuzinetului.

Centrul fusului şi centrul cuzinetului coincid la un număr de rotaţii infinit de mare. Ca urmare a coaxialităţii, grosimea filmului de lubrifiant devine uniformă pe întreaga periferie a fusului. În acest caz, teoretic, ca şi la plăci, filmul de lubrifiant nu mai este capabil să suporte nici o sarcină (în ipoteza intrării şi ieşirii lubrifiantului fără presiune).

În continuare se va analiza ecuaţia presiunii la fusul cilindric cu lungime infinită şi la fusul cu lungime finită.

Se vor utiliza notaţiile din figura 8 *a*, *b*; jocul în lagăr se va considera ca dublul diferenţei dintre raza interioară a cuzinetului R şi raza fusului r.

Se notează cu e excentricitatea fusului faţă de cuzinet şi cu ε excentricitatea relativă, definită în felul următor:

$$\varepsilon = \frac{R - r}{e}.$$

În figura 8,*a* este reprezentat fusul în poziţie de repaus, în ipoteza că mai există un film de lubrifiant foarte fin şi continuu. În figura 8,*b* se prezintă fusul într-o poziţie oarecare în timpul funcţionării. În acest caz, locul cu grosimea minimă a filmului lubrifiant se găseşte pe linia $O - O'$, care uneşte cele două centre şi care este considerată ca linie de origine pentru măsurarea unghiului care determină poziţia oricărui punct periferic.

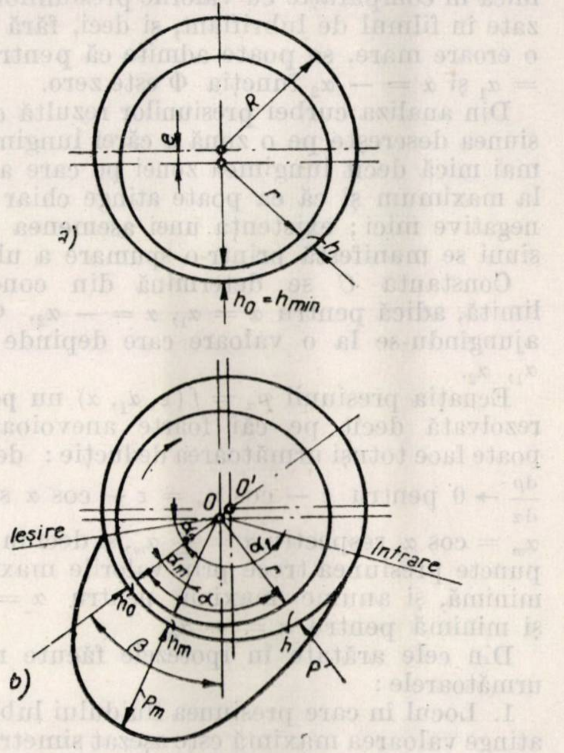


Fig. 8.

S-au notat cu α_1 şi α_2 unghiurile care fixează locurile de intrare, respectiv de ieşire a lubrifiantului din cuzinet. Porţiunea de periferie delimitată de unghiurile α_1 şi α_2 corespunde lungimii în plan a suprafeţelor alunecătoare.

Raza care trece prin punctul de grosime h_m a filmului de lubrifiant, în care presiunea este maximă, formează unghiul α_m cu linia de origine $O - O'$.

Prin adaptarea ecuației fundamentale se obține:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}\alpha} = \frac{6\,\eta\, ur}{e^2}\left[\frac{\varepsilon - \cos\alpha_m}{(\varepsilon - \cos\alpha)^3} - \frac{1}{(\varepsilon - \cos\alpha)^2}\right],$$

sau, ca și în cazul plăcilor plane:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}\alpha} = K\frac{\mathrm{d}\,\Phi}{\mathrm{d}\alpha},$$

prin integrare se obține:

$$\Phi = (\varepsilon - \cos\alpha_m)\int\frac{\mathrm{d}\alpha}{(\varepsilon - \cos\alpha)^3} - \int\frac{\mathrm{d}\alpha}{(\varepsilon - \cos\alpha)^2} + C.$$

În genere, presiunea fluidului lubrifiant la intrare în cuzinet este practic zero, sau destul de mică în comparație cu valorile presiunilor realizate în filmul de lubrifiant, și deci, fără a face o eroare mare, se poate admite că pentru $\alpha = \alpha_1$ și $\alpha = -\alpha_2$ funcția Φ este zero.

Din analiza curbei presiunilor rezultă că presiunea descrește pe o zonă a cărei lungime este mai mică decît lungimea zonei pe care a ajuns la maximum și că ea poate atinge chiar valori negative mici; existența unei asemenea depresiuni se manifestă printr-o spumare a uleiului.

Constanta C se determină din condițiile-limită, adică pentru $\alpha = \alpha_1$, $\alpha = -\alpha_2$, $\Phi = 0$, ajungîndu-se la o valoare care depinde de ε, α_1, α_2.

Ecuația presiunii $p_\alpha = f(\varepsilon, \alpha_1, \alpha)$ nu poate fi rezolvată decît pe căi foarte anevoioase; se poate face totuși următoarea deducție: derivata $\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}\alpha} \to 0$ pentru $\varepsilon - \cos\alpha_m = \varepsilon - \cos\alpha$ sau $\cos\alpha_m = \cos\alpha$, respectiv $\alpha = \pm\,\alpha_m$, și deci în aceste puncte presiunea trece prin valorile maximă și minimă, și anume maximă pentru $\alpha = +\alpha_m$ și minimă pentru $\alpha = -\alpha_m$.

Din cele arătate în ipotezele făcute rezultă următoarele:

1. Locul în care presiunea fluidului lubrifiant atinge valoarea maximă este așezat simetric față de punctul de ieșire a fluidului din zona portantă, în raport cu punctul de origine $\alpha = 0$ $(\alpha_2 = -\alpha_m)$.

2. Presiunea maximă creată de lubrifiant în $\alpha = \alpha_m$ este de două ori mai mare decît cea existentă în $\alpha = 0$, în care filmul de lubrifiant are înălțimea minimă. Rezultă că α_m, deci și unghiul de ieșire a lubrifiantului, este dependent de toți factorii de care depind ε și α_1.

Ca și la curgerea fluidului lubrifiant între două plăci plane cu lungime infinită, se întîlnește asimetria curbei presiunilor, iar poziția excentrică a fusului este efectul modului de repartiție a presiunilor.

Pentru trasarea curbei presiunilor este necesar a se cunoaște unghiul β, format din raza de origine $(\alpha = 0)$, care trece prin centrele $O - O'$, cu verticala prin centrul fusului, care coincide cu direcția sarcinii.

Acest unghi, cît și dependența unghiului α_m de α_1 și ε se pot determina cu ajutorul unor diagrame care se găsesc în tratate de specialitate.

În cazul teoretic tratat s-a considerat fusul avînd lungimea infinită. Cazul real este fusul de lungime finită.

Din cauza scăpărilor de ulei prin părțile frontale, presiunea filmului de lubrifiant este mai scăzută, în special spre capetele fusului, unde poate ajunge la valoarea presiunii exterioare. Ca urmare a acestui fapt, forța portantă a fusului este mai scăzută, iar fusul ia o poziție mai joasă în cuzinet, rezultînd o creștere a excentricității.

Are loc o creștere simultană a coeficientului de frecare, precum și o pierdere de lubrifiant ce trebuie înlocuită în timpul funcționării.

Pierderea de lubrifiant pe la capetele lagărului depinde de viteza fusului și de poziția pe care o ia în cuzinet. Ea crește cu turația și foarte mult cu diametrul fusului.

Grosimea minimă a filmului de lubrifiant este o mărime de bază, deoarece condiționează în primul rînd portanța lagărului. O dată cu micșorarea grosimii filmului de lubrifiant crește posibilitatea de încărcare a lagărului. Din acest punct de vedere ar fi de dorit o peliculă cît mai subțire. Practic, acest lucru este limitat de faptul că suprafețele cuzinetului și fusului nu sînt perfect netede și prezintă rugozități. În realitate, limita inferioară a grosimii filmului de lubrifiant este fixată de calitatea suprafețelor.

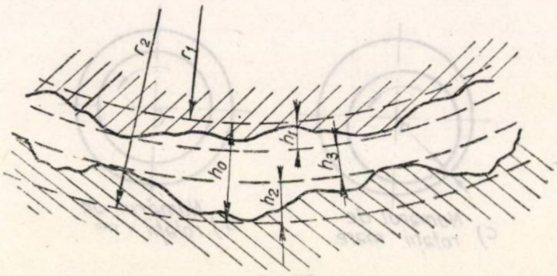


Fig. 9.

Notînd cu h_1 înălțimea asperităților fusului și cu h_2 înălțimea asperităților cuzinetului, filmul de lubrifiant nu va fi întrerupt, deci frecarea lichidă va fi asigurată atît timp cît $h_0 = h_1 + h_2 + h_3$.

Pentru realizarea regimului hidrodinamic va trebui ca $h_3 > h_{cr}$, în care $h_{cr} = 0{,}1 - 0{,}2$ microni reprezintă grosimea straturilor de adsorbție sau cu orientarea moleculară a lubrifiantului pe suprafețele metalice.

În genere, h_{cr} are valori mici față de h_1 și h_2; de aceea se poate uneori admite ca valoare-limită compatibilă cu o ungere lichidă: $h_0 \cong h_1 + h_2$.

Este preferabil totuși să nu se împingă în mod inutil prea departe finețea de prelucrare, atîta timp cît nu se urmăresc la aceeași scară de precizie și celelalte abateri de la geometria perfectă a lagărului, cum sînt ovalizările, conicitatea, paralelismul axelor etc. În schimb se va lua $h_3 \neq 0$, și anume $h_{3\,minim} = 0{,}75-10$ microni, putînd avea și valori mai mari dacă din calcule rezultă aceasta.

Neîndeplinirea acestor condiții atrage după sine apariția regimului mixt de ungere, onctuos și fluid, cu posibilități de supraîncălziri locale și deteriorări ale suprafețelor.

În cazuri mai grave se poate ajunge chiar la regimul de frecare semiuscată, care atrage gripajul și blocarea pieselor în mișcare relativă.

În consecință, pentru lagăre normale, bine prelucrate, grosimea minimă a filmului de lubrifiant pentru realizarea unui regim fluid de ungere este $h_0 \geqslant 0{,}01$ mm, această mărime putînd fi considerată ca o valoare medie.

În ceea ce privește presiunea medie a filmului de lubrifiant, deci valoarea portanței lagărului, s-a constatat că între suprafețe foarte bine netezite, filmul de lubrifiant poate suporta presiuni medii de 300 kgf/cm², cu condiția ca materialul cuzinetului să reziste, ținînd seamă că presiunile maxime pot atinge valorile $p_{max} = (3-8)\,p_m$.

Din acest punct de vedere are importanță și caracterul sarcinii — constantă sau variabilă — deoarece materialele de lagăre se comportă diferit în aceste două cazuri. Compoziția de lagăre pe bază de staniu Y—Sn83 poate suporta static chiar 850 kgf/cm²; dinamic însă numai 120—140 kgf/cm², pe cînd bronzurile și aliajele ușoare rezistă foarte bine la sarcini alternante, putînd suporta chiar de trei pînă la patru ori mai mult decît la solicitările statice.

Pentru turbinele cu abur, valoarea presiunii specifice medii a filmului de lubrifiant la lagărele radiale principale, admisă în calcule, este cuprinsă între $p_m = 7-20$ kgf/cm² pentru caracteristica $\frac{\eta\omega}{p_m} = 140$ $\Big($în care ω este viteza unghiulară, $\omega = \frac{\pi n}{30}$, iar η — viscozitatea dinamică, în kgf.s/cm²$\Big)$.

În tabela 1 se dă gradul de iregularitate a suprafețelor, exprimat în microni, în funcție de operația de prelucrare.

Tabela 1

Operația de prelucrare		Înălțimea iregularității h_1	Înălțimea iregularității h_2
Strunjire	fină	16	40
	cu diamant	2,5	6
Rectificare		6	16
Lustruire		1	2,5
Tușare		6	16

Pentru buna funcționare a lagărelor nu este indicat a se utiliza o suprafață cu înălțimea asperităților mai mare de 10 microni.

Mărimea jocurilor vertical și lateral se alege în funcție de diametrul fusului. În tabela 2 se dau jocurile admisibile, conform [3], la repararația turbinelor cu abur în funcție de diametrul fusului și felul cuzineților pentru lagăre.

În general se pot admite următoarele jocuri pentru lagărele radiale ale turbinelor cu abur:

	Joc vertical	Joc lateral
Alezare ovală	$(1 \div 1{,}5)\,\frac{d}{1\,000}$	$(1{,}5 \div 2)\,\frac{d}{1\,000}$
Alezare cilindrică	$(1{,}5 \div 2{,}5)\,\frac{d}{1\,000}$	$(0{,}75 \div 1{,}25)\,\frac{d}{1\,000}$

Tabela 2

Diametrul fusului arborelui *d*, mm	Cuzineți fără strat de antifricțiune				Cuzineți cu strat de antifricțiune			
	joc sus		joc lateral		joc sus		joc lateral	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
50	0,15	0,25	0,1	0,15	0,1	0,12	0,15	0,2
100	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,15	0,2	0,25
150	0,3	0,4	0,15	0,25	0,2	0,25	0,3	0,4
200	0,4	0,55	0,2	0,3	0,2	0,3	0,35	0,45
250	0,5	0,65	0,25	0,35	0,25	0,35	0,45	0,55
300	0,6	0,75	0,3	0,3	0,3	0,45	0,55	0,62
350	0,7	0,85	0,35	0,45	0,35	0,5	0,62	0,7

Lagărele turbinelor cu abur ale căror fuse au diametrul sub 200 mm utilizează de obicei cuzineți cu alezare cilindrică. Pentru diametrul fusului mai mare de 200 mm se utilizează de obicei cuzineți cu alezare ovală.

4. Lagăre eliptice sau cu cuzineți formați din sectoare

La lagărele turbinelor cu abur sau cu gaze și în general la lagărele mașinilor cu turații mari — în special cele cu ax vertical — considerațiile funcționale sau condițiile speciale de durabilitate au impus realizarea unor lagăre radiale cu excentricități reduse $\left(\frac{1}{\varepsilon} < 0{,}5\right)$. La excentricități reduse, stabilitatea mișcării fusului în lagăr nu mai este totdeauna asigurată. Din această cauză, lagărele circulare obișnuite au la asemenea regimuri o funcționare necorespunzătoare, însoțită de vibrații. Evitarea vibrațiilor și realizarea unei centrări cît mai bune, prin stabilizarea mișcării în lagăr, poate fi realizată dacă se împarte stratul de lubrifiant în două sau mai multe sectoare, care să lucreze independent. Pe baza acestui principiu au fost realizate numeroase variante constructive de lagăre radiale: lagăre eliptice (lagăre lămîie), lagăre formate din trei sau patru sectoare, lagăre cu canale longitudinale, lagăre cu cuzinet format din mai multe sectoare pivotante, sau chiar libere etc.

Lagărele eliptice au cuzinetul format din două jumătăți de arce de cerc de raze R_1 și R_2, făcînd un unghi mai mic decît 180° în punctele de intersecţie A şi B (fig. 10).

Cele două jumătăţi ale cuzinetului se asamblează, interpunîndu-se între suprafeţele de contact de la margine plăcuţe intermediare, şi apoi se strunjesc în interior cilindric. După terminarea strunjirii se îndepărtează plăcuţele, obţinîndu-se un joc în direcţie verticală mai mic decît cel în direcţia orizontală. În acest mod se creează în lagăr două pene de lubrifiant opuse şi ca urmare două zone de presiune. Prin micşorarea jocului în sens vertical se asigură totodată ghidajul sever cerut, respectiv centricitatea impusă de condiţiile de exploatare.

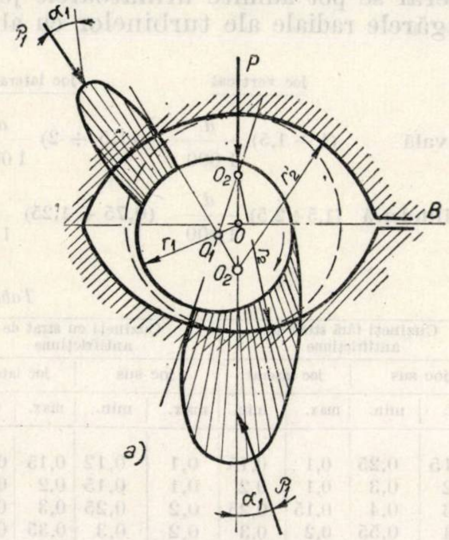


Fig. 10.

Alte forme de lagăre realizate sînt:

– lagăre cu alezaj alungit (în formă de lămîie) cu joc decalat, care se obţin prin găurirea excentrică a cuzinetului şi montarea ulterioară inversă a celor două jumătăţi (fig. 11);

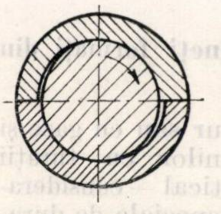


Fig. 11.

– lagăre cu contact pe trei linii, caracterizate prin trei zone de presiune (fig. 12);

– lagăre cu contact pe patru linii (fig. 13).

5. Lagărul axial

Baza teoretică de calcul a sprijinirii axiale în regim de ungere fluid este constituită de relaţiile deduse pentru plăcile plane, adaptate la cazul particular al plăcilor cu lungime finită în direcţia Z şi apoi la lagărul axial segmentat. Comportarea plăcilor dreptunghiulare a fost rezolvată pentru prima oară pe cale matematică riguroasă de Mitchell, care a aplicat numeric rezultatele pentru plăcile pătrate şi pentru plăcile dreptunghiulare. În figurile 14–15 sînt redate curbele izobare pentru plăcile pătrate şi dreptunghiulare. Suprafeţele de sprijin ale lagărelor axiale se încarcă în mod normal cu presiuni specifice medii de 25–35 kgf/cm². La încercări de laborator s-a reuşit să se încarce segmenţii lagărelor axiale la presiuni care au valoarea de 500 kgf/cm².

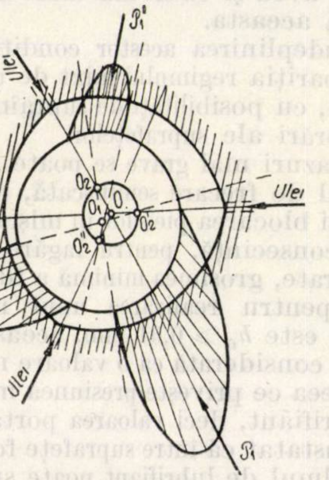


Fig. 12.

Constructiv, lagărele axiale au fost şi sînt realizate în diferite feluri. Astfel, în figurile 16–17 sînt arătate cîteva construcţii de segmenţi de lagăre axiale, care pot lua în mod automat poziţie inclinată, în funcţie de sarcina pe care o preia lagărul.

În figura 16, a, segmenţii mobili sînt sprijiniţi excentric pe o bilă, iar în figura 16, b sprijinirea se realizează pe un cep cu cap rotunjit, în contact cu un inel de fier moale.

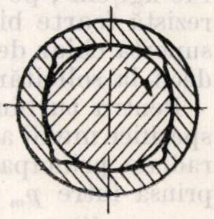


Fig. 13.

Unele lagăre axiale au segmenţii oscilanţi sprijiniţi la ambele capete pe bile, aşa cum se arată în figura 17.

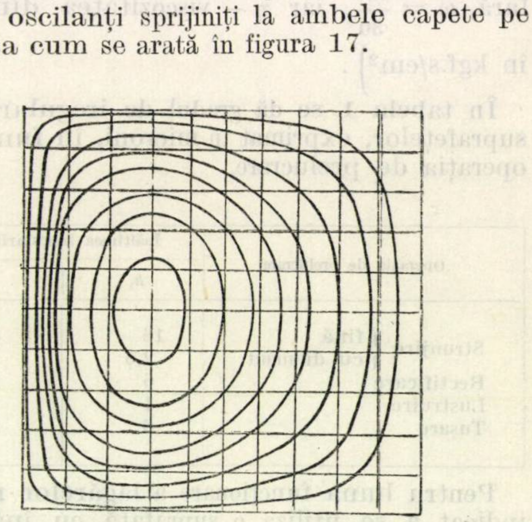


Fig. 14.

Calculele hidrodinamice pornesc de la relația de bază:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}x} = -6\,\eta u \frac{h - h_m}{h^3}.$$

Formula se adaptează la cazul lagărului axial, ținînd seamă că, spre deosebire de lagărul radial, jocul axial h nu este determinat de la început, el stabilindu-se în funcție de condițiile de funcționare. În cazul segmentului autooscilant, lagărul își modifică atît înclinația α cît și jocul minim, h_{min}.

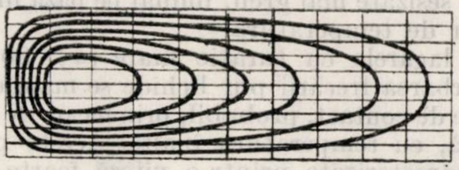


Fig. 15.

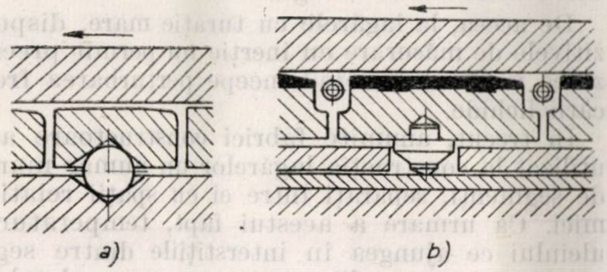


Fig. 16.

6. Regimul termic al unui lagăr axial de turbină cu abur și siguranța sa în exploatare

Exploatarea lagărelor axiale de la turbinele cu abur a scos în evidență faptul că ele constituie elementele cele mai puțin sigure din cadrul agregatului de turbină.

Conform datelor statistice din U.R.S.S. [4], avariile survenite în decursul anilor 1953–1954 la lagărele axiale reprezintă aproximativ 13% din toate avariile ce s-au produs la turbinele în funcțiune, în timp ce avariile lagărelor radiale constituie doar 2%.

În același timp, metodele practice de control asupra funcționării lagărelor axiale prezintă neajunsuri. În special, controlul utilizat pe scară largă în exploatare, bazat pe temperatura uleiului care se scurge din lagăr, nu indică siguranța funcționării sale, mai ales pentru lagărele cu turație mare, cu viteze periferice de 30–50 m/s și mai mult.

S-au întreprins, la o serie de centrale electrice din U.R.S.S. [6], cercetări speciale la 19 turbine de diverse tipuri, cu construcții diferite ale lagărelor axiale – exclusiv cele cu pieptene, – care au scos în evidență diferența mare între temperatura uleiului ce trece prin spațiul de ungere al lagărului și temperatura uleiului care iese din lagăr.

În cazul unor proprietăți constante și al unui debit constant de ulei, încălzirea totală a uleiului are loc:

a) prin frecarea discului de sprijin care se rotește în ulei;

b) prin cedarea de căldură a arborelui turbinei;

c) prin frecarea din pelicula de ulei.

Dintre acestea, numai ultima este funcție de împingerea axială, determinînd în esență și siguranța de funcționare a lagărului.

Măsurătorile s-au efectuat cu ajutorul unor termocuple ale căror suduri erau așezate în materialul antifricțiune al segmenților.

Concomitent cu măsurarea temperaturii stratului de material antifricțiune al segmenților s-au măsurat și temperaturile uleiului la intrare și ieșire din lagăr.

În figura 18 se arată diagrama obținută la cercetarea modului de funcționare a unui lagăr axial al unei turbine de tipul VK-50 [5]. Această diagramă arată destul de clar cît de mare poate fi diferența între încălzirea uleiului din stratul de ungere și încălzirea totală a uleiului din lagăr.

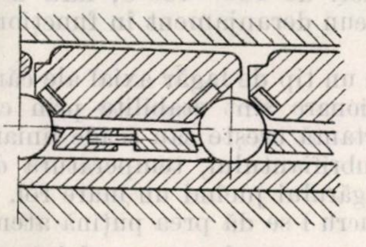


Fig. 17.

Încălzirea totală a uleiului nu a depășit 11°C și a depins foarte puțin de presiunea axială a turbinei, iar încălzirea segmenților a crescut mult, pe măsura creșterii presiunii axiale – aproximativ 1°C de fiecare kgf/cm² de creștere a presiunii, – ajungînd la 44°C la sarcina totală a turbinei. În diagramă este reprezentată încăl-

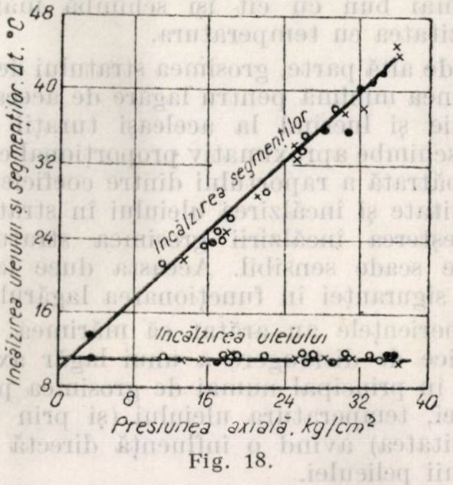


Fig. 18.

zirea medie la toți segmenții. Încălzirea unor segmenți datorită repartiției neuniforme a împingerilor ajunge la o valoare de 60°C, adică de peste 5 ori mai mult decît încălzirea uleiului în lagăr.

O dată cu creșterea temperaturii uleiului se reduce nu numai viscozitatea, dar și capacitatea peliculei de lubrifiant de a rezista la încărcare.

În ultimul timp au fost efectuate în U.R.S.S. cercetări asupra variației temperaturii în lagărele axiale de diferite tipuri constructive, ale căror condiții de încercare au fost adaptate în mare măsură la condițiile de exploatare și de avariere [4]. Încercările efectuate au arătat că în lagărele axiale cu turație mare este posibilă frecarea lichidă și exploatarea normală a lagărului la încărcări specifice foarte mari și la temperaturi înalte ale peliculei de ulei și ale suprafeței de alunecare.

În cazul existenței unei presiuni a uleiului suficient de înalte înaintea interstițiului de ungere, este posibilă exploatarea de durată, la încărcări specifice de 300—400 kgf/cm^2. Temperatura la muchiile de ieșire ale segmenților a atins valori de 160—180°C, fără a se fi constatat vreun deranjament în funcționarea lagărului.

Pentru un tip de lagăr axial ale cărui condiții de funcționare sînt stabilite prin construcție, forța portantă crește sau scade liniar cu viscozitatea lubrifiantului, temperatura de funcționare a lagărului jucînd un mare rol. În general acestui lucru i se dă prea puțină atenție.

Dacă spre exemplu, cu un ulei de 50 cst/50°C se poate prelua o anumită încărcare, la 100°C se poate prelua numai o treime pînă la o cincime din această sarcină, restul condițiilor rămînînd aceleași.

Din acest punct de vedere, un ulei este cu atît mai bun cu cît își schimbă mai puțin viscozitatea cu temperatura.

Pe de altă parte, grosimea stratului de ulei în secțiunea minimă pentru lagăre de aceeași construcție și lucrînd la aceleași turații trebuie să se schimbe aproximativ proporțional cu rădăcina pătrată a raportului dintre coeficientul de viscozitate și încălzirea uleiului în strat, adică la creșterea încălzirii grosimea stratului de ungere scade sensibil. Aceasta duce la reducerea siguranței în funcționarea lagărului.

Experiențele au arătat că mărimea sarcinii specifice de distrugere a unui lagăr axial depinde în principal numai de grosimea peliculei de ulei, temperatura uleiului (și prin urmare viscozitatea) avînd o influență directă asupra grosimii peliculei.

Într-o serie de cazuri, temperatura stratului de ungere a lagărului axial a ajuns la 100—105°C la marginea de ieșire de la diverși segmenți (cei mai încălziți), în timp ce temperatura uleiului la ieșirea din lagăr nu depășea 50°C.

După cum se știe, fluxul de ulei prin stratul de ungere, în formă de pană, este mult mai mic decît debitul total de ulei în lagăr. De aceea chiar o încălzire puternică a lagărului nu poate duce la o creștere sensibilă a temperaturii uleiului la ieșire din lagăr.

Din această cauză, defectările lagărelor axiale pot fi sesizate mai greu, numai pe baza măsurătorilor de temperatură.

La lagărele cu turație mare ($u > 30$ m/s), perturbarea frecării pur lichide se manifestă în zonele de contact, probabil, prin focare de scurtă durată, cu temperatura înaltă. Aceste procese sînt caracterizate printr-o viteză foarte mare, iar în cazul unor sarcini specifice destul de ridicate ($p_{med} = 50$ kgf/cm^2) asemenea deranjamente locale duc în majoritatea cazurilor, datorită unei degajări intense de căldură din cauza frecării, la o înrăutățire bruscă și accentuată a condițiilor de funcționare a porțiunilor învecinate din suprafață, avînd ca rezultat defectarea instantanee a lagărului.

De aceea, la lagărele cu turație mare, dispozitivele de măsurare cu inerție nu permit precizarea momentului cînd începe perturbarea frecării lichide.

În trecut, anumite fabrici constructoare au utilizat la construcția lagărelor un număr mare de segmenți, separați între ei cu spații relativ mici. Ca urmare a acestui fapt, temperatura uleiului ce ajungea în interstițiile dintre segmenți nu era egală cu temperatura uleiului proaspăt ce intra în lagăr, această temperatură avînd o valoare foarte apropiată de temperatura uleiului ce ieșea din interstițiul segmentului anterior.

Ca urmare a acestui fapt, uleiul căpăta la împingeri axiale ridicate temperaturi mari, care reduceau grosimea peliculei de lubrifiant, provocînd distrugerea segmenților.

Pentru a se evita fenomenul arătat, s-a adoptat ca măsură reducerea numărului de segmenți și mărirea distanței dintre ei, în unele cazuri utilizîndu-se chiar niște garnituri speciale montate între segmenți, care împiedicau antrenarea uleiului de la un segment la altul.

Unii constructori aleg distanța dintre sectoare pînă la 60% din lungimea sectoarelor [6].

Concluzii

Pe baza teoriei hidrodinamice a ungerii s-au făcut primii pași spre determinarea cît mai exactă a curbei de variație a presiunilor în pelicula de fluid lubrifiant, determinîndu-se astfel modul de echilibrare a sarcinilor statice și dinamice ce acționează asupra lagărelor de alunecare.

Cunoașterea teoriei hidrodinamice a ungerii lagărelor a permis studierea fenomenelor ce au loc în lagărele axiale, stabilindu-se forța portantă a acestora și coeficienții de frecare.

Regimul termic al lagărelor indică modul în care trebuie construite acestea, pentru ca degajarea căldurii din frecări sau transmisă prin arbori să nu perturbeze buna lor funcţionare. În exploatare este de importanţă deosebită realizarea regimului termic prescris de fabrica constructoare, pentru a evita reducerea forţei portante provocată de scăderea viscozităţii uleiului, respectiv de creşterea temperaturii.

Controlarea lagărelor, cu ocazia reviziilor sau reparaţiilor, trebuie făcută cu minuţiozitate, pentru a se scoate în evidenţă toate deficienţele şi în special zonele locale în care s-au produs supraîncălziri, ca urmare a ajustării necorespunzătoare a suprafeţelor, a ungerii insuficiente sau a vibraţiilor puternice.

Bibliografie

[1] Tipei, N., Constantinescu, V. N., Nica, Al. şi Biţă, O. *Lagăre cu alunecare.* Editura Academiei Republicii Populare Romîne.

[2] Tondl, Al. *Cîteva rezultate experimentale privind mişcarea fusului în lagăr.* Studii şi cercetări de mecanică aplicată 3 (1960), nr. 11, p. 603—626.

[3] Sliahin, P. N. *Turbine cu abur.* Editura tehnică, 1952.

[4] Trifonov, E. V. şi Iampolski, S. E. *Regimul termic al unui lagăr axial de turbină cu abur şi siguranţa sa în funcţionare.* Elektriceskie stanţii nr. 3, 1958.

[5] Trubilov, M. A. *Despre regimul de temperatură la funcţionarea lagărelor axiale de la turbinele cu abur.* Elektriceskie stanţii nr. 11, 1954.

[6] Birke, W. şi Groh, W. *Despre cîteva influenţe importante asupra siguranţei de funcţionare a lagărelor axiale ale turbinelor.* Maschinenbau Technik nr. 11, 1960.

Influenţa unor parametri şi regimuri ale sistemului energetic asupra proceselor tranzitorii de reglaj frecvenţă-putere

Ing. *F. MANEA*, ing. *S. IONESCU* şi ing. *P. NICOLAE*

Dezvoltarea sistemelor electroenergetice şi interconexiunea prin linii electrice a căror capacitate de transport este relativ redusă impun introducerea reglajului automat al puterilor de schimb, al frecvenţei şi repartiţia economică automată a puterilor între centrale.

Soluţii ale acestei probleme constituie încă obiectul unor preocupări actuale, deşi în ultimii zece ani s-au aplicat diverse sisteme de reglaj. Ca mijloace auxiliare de studiu, calculatoarele analogice constituie un mijloc eficace de selecţionare a variantelor optime din punctul de vedere al proceselor dinamice.

Studiile recente apărute în literatura tehnică de specialitate tratează aspecte parţiale ale problemei [1]—[4].

În articolul de faţă s-a căutat să se desprindă rolul şi mai ales importanţa pe care o au unii parametri ai sistemului energetic asupra proceselor tranzitorii. Schimbarea valorilor unor parametri ca : timpul de lansare, statismul global, puterea sincronizantă etc., în cadrul limitelor practice ale aproximaţiilor de calcul, va modifica oare esenţial procesul dinamic de reglaj optim?

O dată cu schimbarea regimului sistemului energetic (a consumatorilor, sarcinii sistemului, naturii grupurilor generatoare) este necesară cunoaşterea exactă (determinată prin încercări experimentale) a parametrilor sistemului ce intervin în regimurile tranzitorii de reglaj sau este suficientă o evaluare aproximativă a lor? Iată aspectele problemei abordate în prezenta lucrare pentru soluţionarea căreia s-a folosit calculatorul analogic liniar al Institutului de energetică MECAN 1.

S-au analizat regimurile tranzitorii de reglaj pentru cazul unei scheme tipice a două sisteme electroenergetice interconectate. Fiecare sistem electroenergetic a fost considerat ca alcătuit din cîte două grupuri echivalente, unul prevăzut numai cu reglaj primar de viteză, iar celălalt cu reglaj primar şi secundar de frecvenţă şi putere de schimb. Consumatorii din fiecare sistem energetic au fost asimilaţi prin grupuri rotative sincrone cu moment de inerţie înglobat în cel al grupurilor generatoare şi prin consumatori statici cu caracteristică liniară frecvenţă-putere.

Ca perturbaţie s-a aplicat treapta de putere în oricare dintre cele două sisteme energetice.

S-au considerat fenomenele descrise de ecuaţii diferenţiale liniare.

Influenţa schimbării parametrilor sistemului energetic şi ai sistemului de reglaj frecvenţă-putere de schimb s-a studiat în special în condiţiile unor parametri optimi. Optimizarea regimului s-a făcut cu ajutorul criteriului integralei în timp a modulului abaterii de frecvenţă.

Ecuaţii, notaţii, scheme structurale

Ecuaţiile operaţionale liniare care descriu procesul tranzitoriu de reglaj al frecvenţei şi puterii de schimb se vor scrie în forma necesară determinării schemei de conexiune a amplificatoarelor operaționale. Puterile grupurilor generatoare echivalente prevăzute cu reglaj secundar satisfac următoarele ecuații :

$$P_1\left(1+\frac{1}{T_1\,p}\right)+\frac{k_1\omega}{T_1 p}+\frac{k_1\,m_1\,\mu}{T_1 p}+\frac{k_1\,n_1\,\varphi_\omega}{T_1 p}+$$

$$+\frac{l_1}{T_1 p}=0;$$

$$P_2\left(1+\frac{1}{T_2 p}\right)+\frac{k_2\,\omega}{T_2\,p}+\frac{k_2\,m_2\,\mu}{T_2\,p}+\frac{k_2\,n_2\,\varphi_\omega}{T_2\,p}+$$

$$+\frac{l_2}{T_2\,p}=0,$$

unde :

$T_{1.2}$ reprezintă constanta de timp a servomotorului de acționare a admisiei turbinelor;

$k_{1.2}$ — coeficientul de amplificare viteză-putere (inversul statismului);

$m_{1.2}$ — dozajul accelerometric al regulatorului primar;

$n_{1.2}$ — dozajul integral;

μ — accelerația a cărei integrală definește abaterea de viteză ω, conform ecuației

$$-\omega+\frac{\mu}{p}=0;$$

φ_ω — integrala abaterii de frecvență ω: $\varphi_\omega-\frac{\omega}{p}=0$;

$l_{1.2}$ — ordinul de reglaj secundar.

Grupurile lipsite de reglaj secundar au fost considerate ca avînd numai reglaj primar de tip proporțional-diferențial, conform ecuațiilor :

$$P_3\left(1+\frac{1}{T_3\,p}\right)+\frac{k_3\,\omega}{T_3\,p}+\frac{k_3 m_3}{T_3\,p}\mu=0;$$

$$P_4\left(1+\frac{1}{T_4\,p}\right)+\frac{k_4\,\omega}{T_4\,p}+\frac{k_4 m_4}{T_4\,p}\mu=0.$$

Ordinul de reglaj secundar $l_{1.2}$ satisface ecuația regulatoarelor de frecvență-putere :

$$l_1-\frac{P_1}{T_{11}p}-\frac{\alpha_1}{T_{11}p}\left(\varphi_\omega+\frac{\varphi_s}{\pi_A\cdot\lambda_A}\right)-$$

$$-\frac{\beta_1}{T_{11}p}\left(\omega+\frac{\gamma_s\,P_s}{\pi_A\cdot\lambda_A}\right)=0;$$

$$l_2-\frac{P_2}{T_{22}p}-\frac{\alpha_2}{T_{22}p}\left(\varphi_\omega-\frac{\varphi_s}{\pi_B\,\lambda_B}\right)-$$

$$-\frac{\beta_2}{T_{22}p}\left(\omega-\frac{\gamma_s\,P_s}{\pi_B\,\lambda_B}\right)=0.$$

Constanta de timp $T_{11.22}$ aparține motorului de schimbare a încărcării grupului respectiv;

$\beta_{1.2}$ este coeficientul de amplificare proporțională frecvență-putere al reglajului secundar;

$\alpha_{1.2}$ — cel de amplificare integrală;

φ_s — integrala abaterii puterii de schimb,

$$\varphi_s-\frac{P_s}{p}=0.$$

Coeficientul $\lambda_{A.B}$ indică gradul de echivalență frecvență-putere de schimb în ordinul de reglaj secundar. $\pi_{A.B}$ este un factor de raportare a puterii de schimb P_s, exprimată în unități relative, $\pi_{A.B}=\frac{P_{nA.B}}{P_n}$. P_s s-a raportat la întreaga putere nominală P_n a sistemelor energetice.

Puterile fiecărui grup $P_{1,2,3,4}$ s-au exprimat în unități relative prin raportare la valorile nominale corespunzătoare. În acest caz, diversele constante apar nealterate în ecuații cu valorile specifice fiecărui grup, iar programarea optimă la mașina analogică este ușurată, scările puterilor tuturor grupurilor fiind aceleași. Totodată, observarea comparativă a eforturilor de reglaj ale ficărei mașini este mai comodă.

Ecuațiile mișcării rotoarelor sistemelor echivalente s-au folosit ca ecuații de determinare a accelerației μ și a puterii de schimb P_s:

$$\mu+\frac{D'}{M'}\cdot\omega-\frac{\pi_1\cdot P_1}{M'}-\frac{\pi_3\,P_3}{M'}+\frac{P_s}{M'}+\frac{\Delta_A}{M'}=0$$

$$-P_s+M''\mu+D''\cdot\omega-\pi_2\cdot P_2-\pi_4\cdot P_4+\Delta_B=0$$

Timpii de lansare M' și M'' ($M'=M_A\,\pi_A$; $M''=M_B\cdot\pi_B$), autoreglajul sarcinii D', respectiv D'', precum și puterile generatoarelor s-au raportat la puterea nominală totală P_n.

Schema tipică a sistemelor energetice considerate este cea din figura 1.

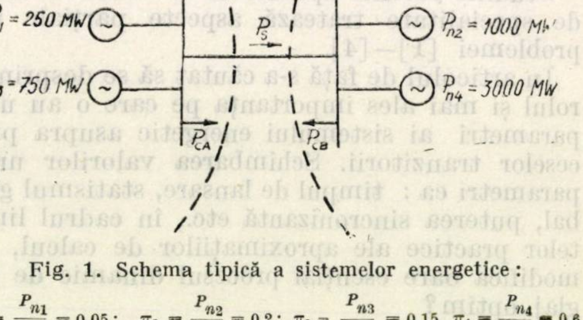


Fig. 1. Schema tipică a sistemelor energetice :

$$\pi_1=\frac{P_{n1}}{P_n}=0{,}05;\quad \pi_2=\frac{P_{n2}}{P_n}=0{,}2;\quad \pi_3=\frac{P_{n3}}{P_n}=0{,}15\quad \pi_4=\frac{P_{n4}}{P_n}=0{,}6$$

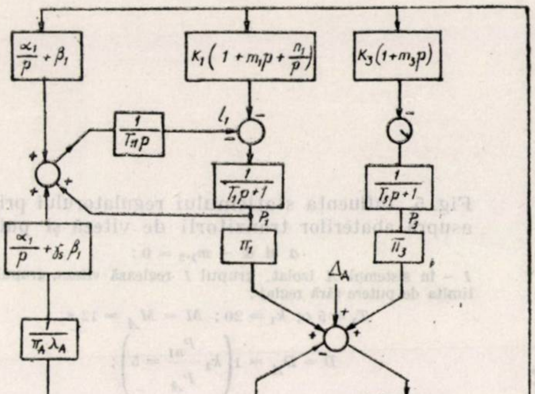
$$\pi_A=\frac{P_{nA}}{P_n}=\pi_1+\pi_3=0{,}2;\quad \pi_B=\frac{P_{nB}}{P_n}=\pi_2+\pi_4=0{,}8$$

Cele două sisteme energetice A și B au grupuri sincrone ce totalizează puteri nominale $P_{nA}=1\,000$ MW, respectiv $P_{nB}=4\,000$ MW.

Fiecare sistem energetic posedă grupuri prevăzute numai cu reglaj primar $P_{n3} = 750$ MW, $P_{n4} = 3\,000$ MW şi grupuri cu reglaj primar şi secundar $P_{n1} = 250$ MW, respectiv $P_{n2} = 1\,000$ MW.

Momentele de inerţie ale grupurilor rotative au valorile timpilor de lansare $M_A = 12$ s; $M_B = 16$ s. Constantele de timp ale regulatoarelor primare au valorile $T_1 = T_2 = 5$ s, $T_3 = T_4 = 8$ s. Factorii de amplificare frecvenţă-putere au fost consideraţi la valorile $k_1 = k_2 = 20$, $k_3 = k_4 = 10$. Coeficienţii de autoreglajul sarcinii au fost evaluaţi la valorile $D_A = D_B = 1$.

Schema-bloc structurală a sistemului de ecuaţii corespunzătoare cazului tipic analizat este cea din figura 2.

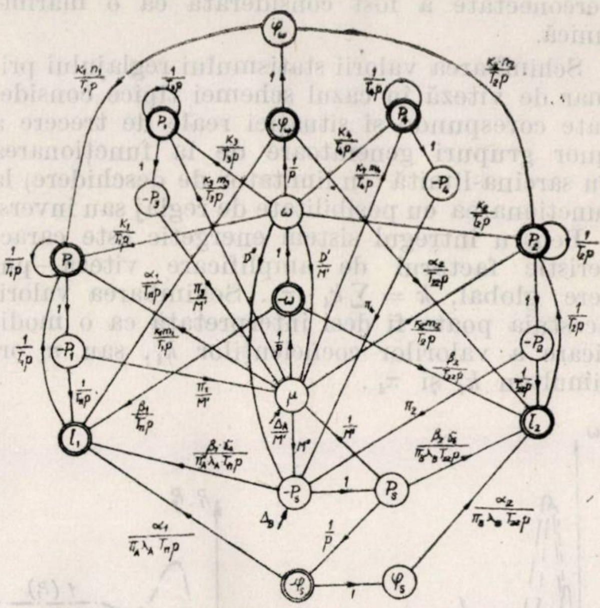


$\frac{\alpha_1}{p} + \beta_1$
$K_1\left(1 + m_1 p + \frac{n_1}{p}\right)$
$K_3(1+m_3 p)$
$\frac{1}{T_{11}p}$
l_1
$\frac{1}{T_1 p+1}$
$\frac{1}{T_3 p+1}$
P_1
P_3
π_1
π_3
Δ_A
$\frac{\alpha_1}{p} + \delta_s \beta_1$
$\frac{1}{\pi_A \lambda_A}$
$\frac{1}{M'p + D'}$
ω
P_s
$\frac{1}{M''p + D''}$
$\frac{1}{\pi_B \lambda_B}$
Δ_B
$\frac{\alpha_2}{p} + \delta_s \beta_2$
π_2
π_4
P_2
P_4
$\frac{1}{T_2 p+1}$
$\frac{1}{T_4 p+1}$
$\frac{1}{T_{22}p}$
l_2
$\frac{\alpha_2}{p} + \beta_2$
$K_2\left(1 + m_2 p + \frac{n_2}{p}\right)$
$K_4(1+m_4 p)$

Fig. 2. Schema-bloc structurală a sistemului de reglaj.

Schema simulatoare a sistemului de ecuaţii şi totodată schemă de conexiuni a amplificatoarelor operaţionale este redată în figura 3.

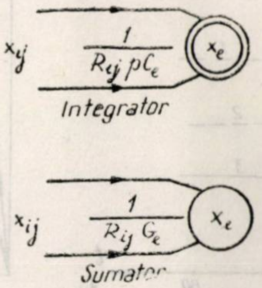
Fiecare simbol înscris într-un cerc (nod al reţelei) corespunde unei mărimi dintr-o ecuaţie (ecuaţia de definiţie a mărimii respective). Pentru fiecare nod s-a convenit să se scrie o ecuaţie prin însumarea la mărimea înscrisă în nod a mărimilor înscrise în nodurile vecine după ce au fost multiplicate cu ,,impedanţele'' ramurilor ce converg spre nodul considerat [4].



φ_2
φ_1
φ_s
$-\varphi_s$
P_1
P_2
P_3
P_4
$-P_1$
$-P_2$
$-P_3$
$-P_4$
ω
$-\omega$
μ
l_1
l_2
P_s
$-P_s$
Δ_A
Δ_B
$\frac{1}{p}$

Fig. 3. Schema de conexiuni a amplificatoarelor operaţionale.

Simbolurile corespunzătoare pentru reprezentarea schemei simulatoare sînt cele din figura 4.



x_{ij}
$\frac{1}{R_{ij}pC_\varepsilon}$
x_ε
Integrator
x_{ij}
$\frac{1}{R_{ij}G_\varepsilon}$
x_ε
Sumator

Fig. 4. Simbolurile amplificatoarelor operaţionale ca sumator şi integrator.

Influenţa unor parametri asupra regimurilor tranzitorii de reglaj

În cazul schemei tipice considerate s-a analizat influenţa statismului regulatorului de viteză, a timpului de lansare şi a coeficientului de autoreglajul sarcinii asupra proceselor tranzitorii provocate de o perturbaţie treaptă de putere.

Oscilaţiile de sincronizare nu au o influenţă importantă asupra proceselor de reglajul vitezei [2], [4] şi prin urmare pot fi neglijate. De aceea frecvenţa sistemelor energetice interconectate a fost considerată ca o mărime unică.

Schimbarea valorii statismului reglajului primar de viteză în cazul schemei tipice considerate corespunde şi situaţiei reale de trecere a unor grupuri generatoare de la funcţionarea cu sarcina-limită (cu limitator de deschidere) la funcţionarea cu posibilitate de reglaj sau invers.

Pentru întregul sistem energetic este caracteristic factorul de amplificare viteză—putere global, $k = \sum k_i \cdot \pi_i$. Schimbarea valorii acestuia poate fi deci interpretată ca o modificare a valorilor coeficienţilor k_i, sau π_i ori simultan k_i şi π_i.

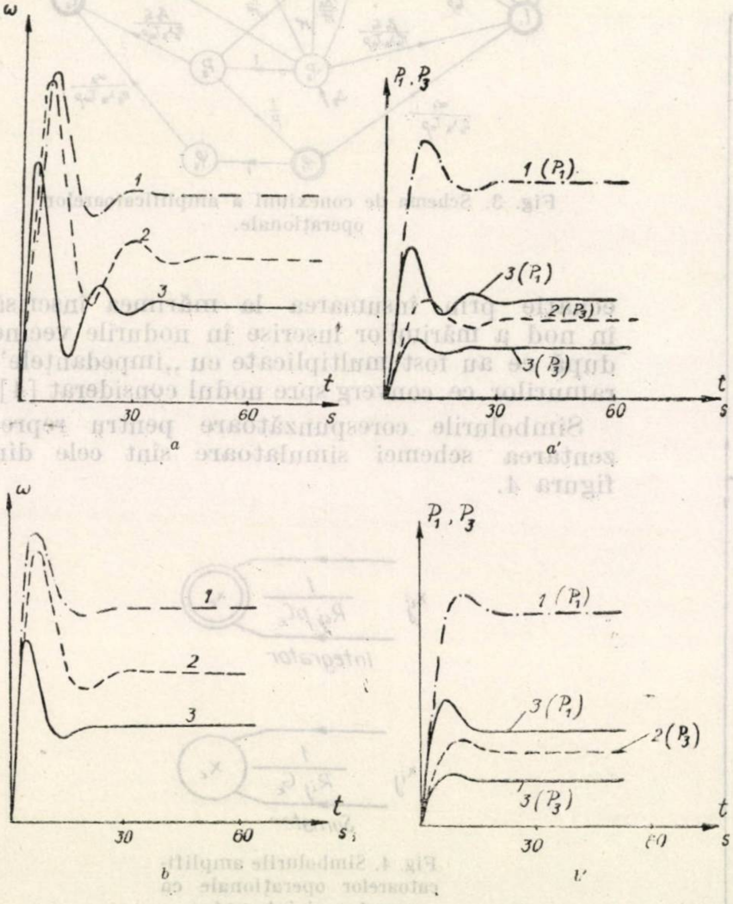


Fig. 5. Influenţa statismului regulatorului primar asupra abaterilor tranzitorii de viteză şi puteri:

a şi a' — $m_{1,3} = 0$:

1 — în sistemul *A* izolat, grupul *1* reglează viteza, grupul *3* la limita de putere fără reglaj:

$$T_1 = 5\ \text{s};\ k_1 = 20;\ M = M_A = 12\ \text{s};$$

$$D = D_A = 1 \left(k_1 \frac{P_{n1}}{P_A} = 5 \right);$$

2 — în sistemul *A* izolat, grupul *3* reglează viteza, grupul *1* la limita de putere fără reglaj:

$$T_3 = 8\ \text{s};\ k_3 = 10;\ M = M_A = 12\ \text{s};$$

$$D = D_A = 1 \left(k_3 \frac{P_{n3}}{P_A} = 7{,}5 \right);$$

3 — în sistemul *A* izolat, grupurile *1* şi *3* reglează viteza:

$$T_1 = 5\ \text{s};\ T_3 = 8\ \text{s};\ k_1 = 20;\ k_3 = 10;\ M_A = 12\ \text{s};\ D_A = 1;$$

$$k_1 \frac{P_{n1}}{P_A} + k_3 \frac{P_{n3}}{P_A} = 12{,}5;$$

b şi b' — *1, 2, 3* — idem cu $m_1 = m_3 = 1{,}14$ s.

Pentru cazul sistemului energetic prevăzut numai cu reglaj de viteză de tip proporţional, micşorarea statismului $\sigma = \frac{1}{k}$ are drept consecinţă, pe lîngă micşorarea erorii de regim permanent, creşterea numărului şi amplitudinii oscilaţiilor de reglaj (fig. 5). În cazul cînd regulatorul primar de viteză este de tip proporţional diferenţial ($P—D$), la micşorarea statismului efectul va fi calitativ acelaşi de mărire a coeficientului de suprareglaj (fig. 5). Deviaţia maximă a abaterii de viteză va fi însă mai mică la valorile mici ale statismului.

Puterea de reglaj solicitată are, evident, o pantă mai mare, precum şi un suprareglaj sporit în cazul statismului mai mic.

În cazul unui sistem energetic prevăzut atît cu reglaj primar (de viteză) cît şi secundar (de frecvenţă), mărirea factorului de amplificare primară proporţională conduce la micşorarea abaterii maxime, la scurtarea procesului de reglaj şi totodată la introducerea unui efect amortizant al procesului (fig. 7).

Un alt parametru caracteristic al sistemului energetic este timpul de lansare. Valoarea acestuia influenţează abaterea maximă a frecvenţei şi puterii de schimb, precum şi perioada oscilaţiilor de reglaj; un timp de lansare mai mare impune un proces tranzitoriu cu abatere maximă a frecvenţei mai mică, dar cu o durată de reglaj mai mare, şi deci o solicitare mai mică la viteza de variaţie a puterii grupurilor generatoare.

O influenţă importantă o are raportul timpilor de lansare a sistemelor energetice interconectate asupra şocului puterii de schimb (în momentul iniţial).

Abaterea maximă a puterii de schimb din timpul procesului de reglaj optimizat este însă influenţată în măsură mai mică.

Calitativ, procesul tranzitoriu de reglaj optimizant este însă puţin modificat chiar la va-

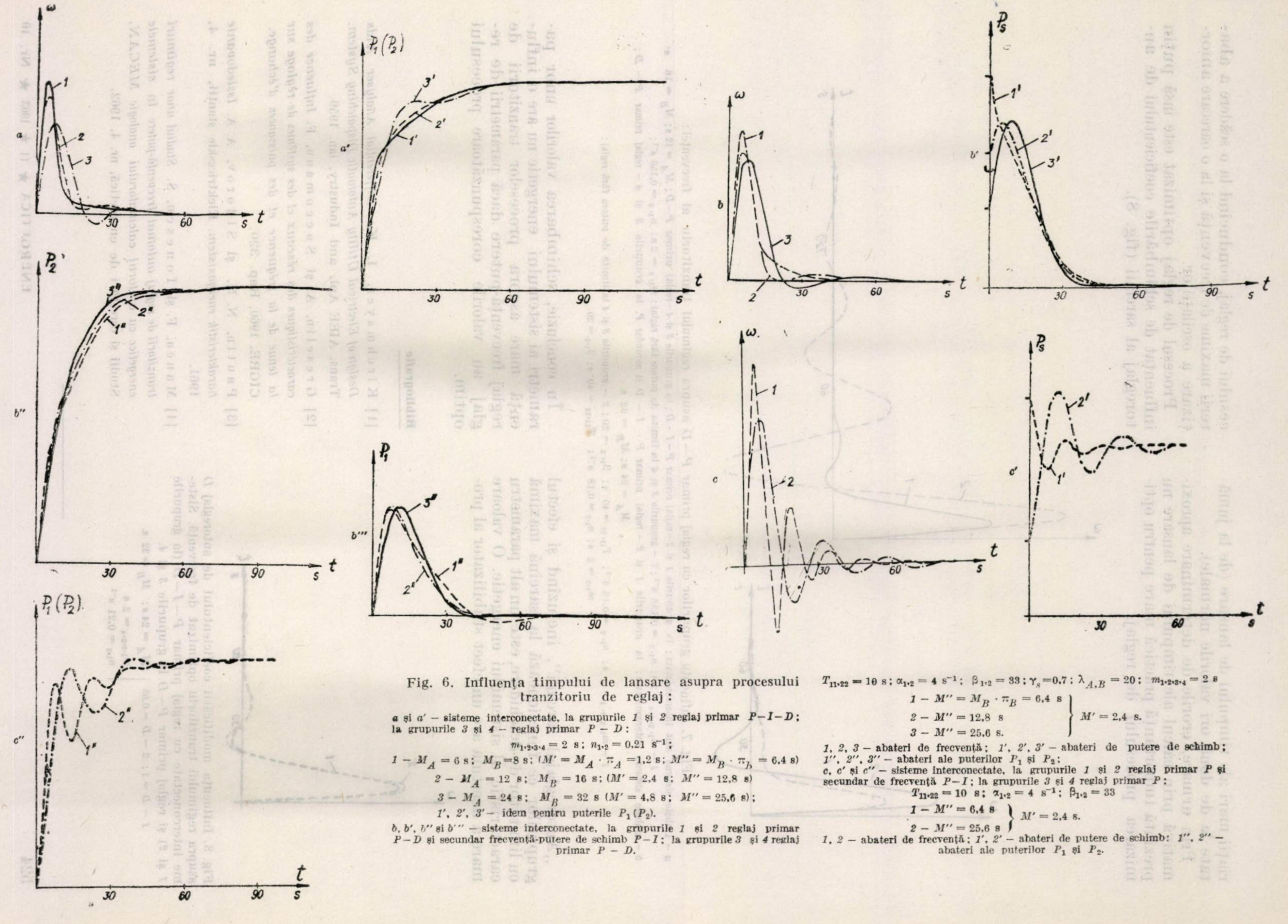


Fig. 6. Influența timpului de lansare asupra procesului tranzitoriu de reglaj:

a și *a'* – sisteme interconectate, la grupurile *1* și *2* reglaj primar *P–I–D*; la grupurile *3* și *4* – reglaj primar *P – D*:

$m_{1\cdot2\cdot3\cdot4} = 2$ s; $n_{1\cdot2} = 0{,}21$ s^{-1};

1 – $M_A = 6$ s; $M_B = 8$ s; ($M' = M_A \cdot \pi_A = 1{,}2$ s; $M'' = M_B \cdot \pi_B = 6{,}4$ s)

2 – $M_A = 12$ s; $M_B = 16$ s; ($M' = 2{,}4$ s; $M'' = 12{,}8$ s)

3 – $M_A = 24$ s; $M_B = 32$ s ($M' = 4{,}8$ s; $M'' = 25{,}6$ s);

1', *2'*, *3'* – idem pentru puterile P_1 (P_2).

b, *b'*, *b''* și *b'''* – sisteme interconectate, la grupurile *1* și *2* reglaj primar *P–D* și secundar frecvență-putere de schimb *P–I*; la grupurile *3* și *4* reglaj primar *P – D*.

$T_{11\cdot22} = 10$ s; $\alpha_{1\cdot2} = 4$ s^{-1}; $\beta_{1\cdot2} = 33$; $\gamma_s = 0{,}7$; $\lambda_{A,B} = 20$; $m_{1\cdot2\cdot3\cdot4} = 2$ s

$$\left.\begin{array}{l} 1 - M'' = M_B \cdot \pi_B = 6{,}4 \text{ s} \\ 2 - M'' = 12{,}8 \text{ s} \\ 3 - M'' = 25{,}6 \text{ s.} \end{array}\right\} M' = 2{,}4 \text{ s.}$$

1, *2*, *3* – abateri de frecvență; *1'*, *2'*, *3'* – abateri de putere de schimb; *1''*, *2''*, *3''* – abateri ale puterilor P_1 și P_2;

c, *c'* și *c''* – sisteme interconectate, la grupurile *1* și *2* reglaj primar *P* și secundar de frecvență *P–I*; la grupurile *3* și *4* reglaj primar *P*:

$T_{11\cdot22} = 10$ s; $\alpha_{1\cdot2} = 4$ s^{-1}; $\beta_{1\cdot2} = 33$

$$\left.\begin{array}{l} 1 - M'' = 6{,}4 \text{ s} \\ 2 - M'' = 25{,}6 \text{ s} \end{array}\right\} M' = 2{,}4 \text{ s.}$$

1, *2* – abateri de frecvență; *1'*, *2'* – abateri de putere de schimb: *1''*, *2''* – abateri ale puterilor P_1 și P_2.

riații mari ale timpului de lansare (de la jumătate la de două ori valorile normale).

Prin urmare, erorile de determinare aproximativă prin calcul ale timpului de lansare nu prezintă importanță practică mare pentru optimizarea procesului de reglaj.

cesului de reglaj, conducînd la o scădere a abaterii maxime de frecvență și la o oarecare amortizare a oscilațiilor.

Procesul de reglaj optimizat este însă puțin influențat de schimbările coeficientului de autoreglaj al sarcinii (fig. 8).

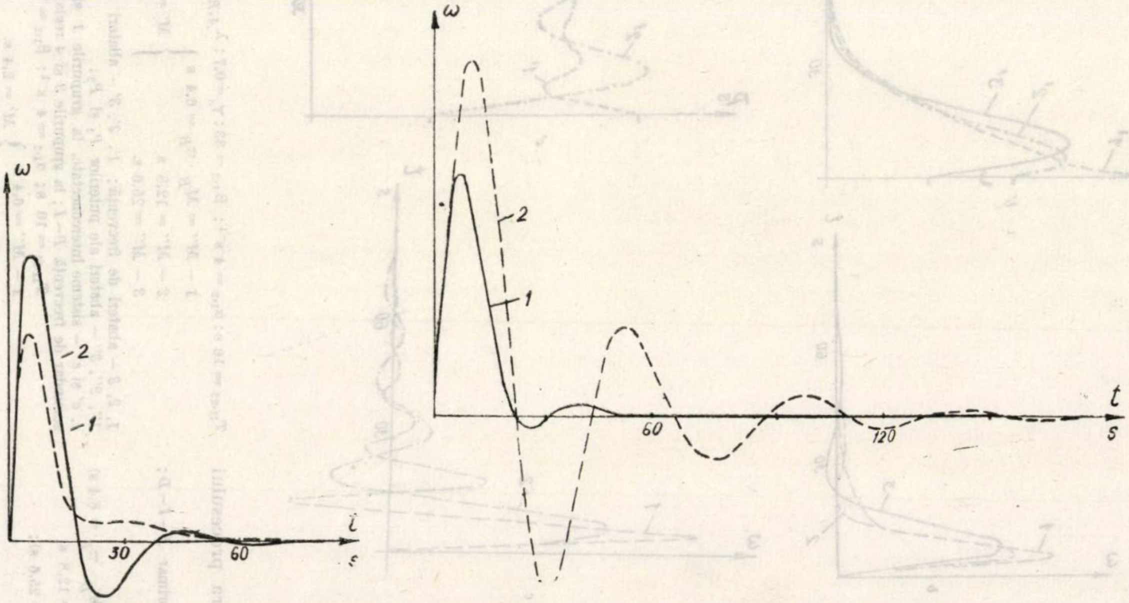


Fig. 7. Influența grupurilor cu reglaj primar $P-D$ asupra regimului tranzitoriu al frecvenței:

a – ambele sisteme sînt interconectate: la grupurile *1* și *2* – reglaj primar $P-I-D$; la grupurile *3* și *4* – reglaj primar $P-D$; $M_A = 12$ s; $M_B = 16$ s·
1 – $m_{1,2,3,4} = 2$ s; $n_{1,2} = 0{,}156$ s^{-1}; *2* – grupurile *3* și *4* la limita de putere fără reglaj: $m_{1,2} = 2$ s; $n_{1,2} = 0{,}156$ s^{-1};

b – ambele sisteme interconectate: la grupurile *1* și *2* – reglaj primar $P-I-D$ și secundar P, la grupurile *3* și *4* – reglaj primar $P-D$;
$M_A = 24$ s; $M_B = 32$ s.
1 – $m_{1,2,3,4} = 2$ s; $n_{1,2} = 0{,}18$ s^{-1}; $T_{11,22} = 40$ s; $\beta_{1,2} = 20$; *2* – grupurile *3* și *4* la limita de putere fără reglaj:
$m_{1,2} = 2$ s; $n_{1,2} = 0{,}18$ s^{-1}; $T_{11,22} = 40$ s; $\beta_{1,2} = 20$.

„Autoreglajul sarcinii", incluzînd și efectul grupurilor ce funcționează la sarcină maximă cu limitator de deschidere, este un alt parametru caracteristic al sistemului energetic. O valoare mare a acestuia are un efect stabilizator al procesului de reglaj

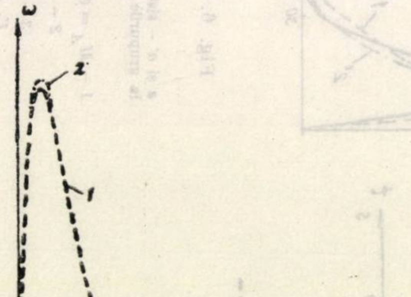


Fig. 8. Influența modificării coeficientului de autoreglaj D asupra regimului tranzitoriu optimizat de frecvență. Sisteme interconectate cu reglaj primar $P-I-D$ (la grupurile *1* și *2*) și reglaj primar $P-D$ la grupurile *3* și *4*.

1 – $D = 1$; *2* – $D = 0{,}65$ | $M_A = 24$ s; $M_B = 32$ s.
$m_{1,2,3,4} = 2$ s
$n_{1,2} = 0{,}21$ s^{-1}

În concluzie, schimbarea valorilor unor parametri ai sistemului energetic nu are o influență mare asupra proceselor tranzitorii de reglaj frecvență-putere dacă parametrii de reglaj au valorile corespunzătoare procesului optim.

Bibliografie

[1] Kirchmayer, L. K. *Differential Analyser Aids Design of Electrical Utility Automatic Dispatching System.* Trans. AIEE Apl. and Industry, ian. 1959.

[2] Greselin, A. și Saccomano, F. *Influence des caractéristiques des réseaux et des systèmes de règlage sur la tenue de la fréquence et des puissances d'échange.* CIGRE, 1960, Rap. 320.

[3] Pautin, N. N. și Sidorov, A. A. *Issledovanie harakteristik energosistem.* Elektriceskie stanții, nr. 4, 1961.

[4] Manea, F. și Ionescu, S. *Studiul unor regimuri tranzitorii de reglaj automat frecvență-putere în sistemele energetice cu ajutorul calculatorului analogic MECAN.* Studii și cercetări de energetică, nr. 4, 1962.

Lefordítva
370/64

Calculul efectelor economice ale întreruperilor electrice accidentale

Ing. *G. GUȚU*, ing. *M. PETCU* și ing. *A. SOCI*

În proiectarea și exploatarea sistemului energetic și a marilor întreprinderi industriale există numeroase probleme ale căror soluții ar reflecta mai deplin interesele economiei naționale dacă s-ar cunoaște *daunele* provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică. Cele mai multe dintre problemele în cauză se referă la *siguranța* alimentării electrice [1].

Se știe că siguranța de alimentare a consumatorilor de energie electrică depinde de mulți factori, care țin de domeniul investițiilor și al concepției de proiectare : rezerva de putere, rezerva existentă în rețeaua de transport și distribuție, schema de conexiune, dispozitivele RAR și AAR, protecția împotriva supratensiunilor atmosferice etc. Din acest motiv, pentru realizarea unei siguranțe înalte nu este suficientă doar buna organizare a producției, ci mai sînt necesare *investiții* destul de mari.

Dacă s-ar dispune de fonduri suficiente, nivelul siguranței ar putea fi mărit, practic vorbind, oricît de mult. Este, însă, ușor de întrevăzut că există o limită peste care creșterea nivelului de siguranță, deși posibilă din punct de vedere tehnic, devine dezavantajoasă din punct de vedere economic. Dacă s-ar cunoaște valoarea daunelor *anuale*, limita aceasta, care corespunde siguranței *optime*, s-ar putea calcula cu ajutorul unei relații de forma :

$$\frac{d}{dI}\,(C + D_a + p_n I) = 0, \tag{1}$$

în care :

I reprezintă investiții ;
C — cheltuielile anuale ;
D_a — daunele anuale ;
p_n — coeficientul normat de eficacitate economică a investițiilor.

În cele ce urmează se expune pe scurt o metodă pentru calculul daunelor în funcție de *durata* întreruperilor individuale [2] și se arată unele rezultate obținute prin aplicarea metodei la cîteva cazuri concrete [3, 4, 5, 6]. Trecerea de la daunele *individuale* la cele anuale se va face ținîndu-se seamă de *frecvența* întreruperilor și necesită o prelucrare statistică corespunzătoare.

Deosebirile dintre metoda propusă și metoda lui Afonin [7], precum și stadiul problemei în teorie și practică se examinează la pct. 4.

1. Structura daunelor

Analizînd activitatea unei întreprinderi industriale, se constată că întreruperea alimentării cu energie electrică conduce, de regulă, la oprirea forțată a producției și poate să provoace următoarele daune :

D_1 — rebuturi și stricarea materiilor prime și auxiliare ;
D_2 — avarii și deranjamente ale utilajului ;
D_3 — amortismente și cheltuieli generale ;
D_4 — salarii ;
D_5 — venit net pierdut prin nerealizarea producției.

Componentele $D_1 - D_4$ reprezintă cheltuieli nejustificate pe care întreprinderea le suportă în mod direct și care încarcă ulterior prețul de cost al produselor. Componenta D_5 reprezintă pierderea pe care o înregistrează economia națională datorită nerealizării venitului net corespunzător produselor nefabricate.

Nerealizarea producției sau scăderea calității produselor poate provoca anumite daune în ramuri sau întreprinderi *conexe*. Într-o primă aproximație, această componentă se poate neglija [2].

Se constată că structura daunelor este principial aceeași cu structura valorii producției, cuprinzînd elemente ale muncii trecute — consum de materiale și utilaje — și elemente ale muncii vii.

2. Principiul metodei

Metoda se bazează pe determinarea succesivă a caracteristicii de timp a întreruperilor și apoi a componentelor $D_1 - D_5$. Ea a fost expusă detaliat în [2].

Caracteristica de timp a întreruperilor. Fie o întreprindere industrială în care procesul de producție este continuu sau ritmic. Dacă producția zilei normale este P, iar producția zilei în care a avut loc o întrerupere electrică cu durata θ este $P - \Delta P$, atunci se poate defini o durată de oprire a producției :

$$\theta_p = T\,\frac{\Delta P}{P}\,, \tag{2}$$

unde T reprezintă timpul de lucru în ziua normală. În valoare relativă, durata de oprire a producției este :

$$\varepsilon = \frac{\theta_p}{T} = \frac{\Delta P}{P}. \tag{3}$$

Se observă că θ_p este o valoare convențională. Oprirea reală are un caracter mai complicat și se compune dintr-o perioadă de oprire totală, egală cu θ, sau mai mare, și o perioadă de revenire treptată la regimul normal.

Caracteristica de timp a întreruperilor electrice $\theta_p = f(\theta)$, definită prin relațiile (2) sau (3), are de obicei o formă complicată (fig. 7). De multe ori, acolo unde utilajele aflate în funcţiune se schimbă în cursul zilei, caracteristica de timp depinde şi de momentul întreruperii. În acest caz, trebuie scris mai corect :

$$\theta_p = f(\theta, h).$$

Dacă evidenţa producţiei nu reflectă fidel efectul întreruperilor electrice, atunci caracteristica de timp a întreruperilor nu se va determina cu relaţia (2), ci studiind fenomenele care au loc la oprirea forţată şi la pornirea instalaţiilor. Această parte a studiului este cea mai dificilă. Ea necesită calcule complicate de procese tranzitorii specifice instalaţiilor tehnologice studiate. Din acest motiv, pentru determinarea caracteristicilor de timp pe această cale nu se pot da relaţii generale. La finele articolului se arată două exemple simple.

Daunele D_1, D_2. De obicei, analizînd fenomenele care au loc la oprirea forţată a instalaţiilor, se constată şi componentele D_1, D_2.

Pentru fiecare proces există durate caracteristice θ_1, la depăşirea cărora producţia în curs de fabricaţie se rebutează parţial sau în întregime. Indicii θ_1 se vor determina pentru fiecare lanţ tehnologic sau agregat distinct. Cu ajutorul lor se poate apoi determina caracteristica $D_1 = f(\theta)$. La calcularea valorică a daunei D_1 se ia în considerare preţul materialelor în stadiul de prelucrare în care au fost rebutate, adică ţinînd seamă şi de cheltuielile făcute în procesul de producţie anterior fazei în care s-a produs rebutarea. Există procese în care, deşi nu apar rebuturi de materii prime, totuşi se constată importante consumuri suplimentare de materii auxiliare şi energie. Acestea se includ şi ele în categoria daunei D_1.

Dauna D_2 are o pondere mare în special în electrochimie şi electrometalurgie. Ca şi în cazul precedent, pentru fiecare agregat sau lanţ tehnologic apar durate critice θ_2, la depăşirea cărora se produc efecte dăunătoare. Dacă deranjamentele şi avariile conduc la scurtarea vieţii instalaţiei, trebuie să se includă în dauna D_2 un termen de forma $I \frac{\Delta T_f}{T_f}$, unde I este valoarea instalaţiei, T_f – durata ei normală de viaţă, iar ΔT_f – scurtarea duratei de viaţă datorită întreruperii respective.

Daunele D_3, D_4, D_5. Explicaţii detaliate asupra componentelor D_3, D_4 şi D_5 se dau în [2]. Mai jos se arată doar cîteva relaţii practice de calcul. Ele se pot deduce datorită faptului că componenţele D_3, D_4, D_5 depind direct de ΔP, deci şi de θ_p.

Fie :

c_s – componenta salariului în preţul de cost ;
c_a – componenta amortizărilor şi cheltuielilor generale ;
b_n – beneficiul net pe unitatea de produs.

Atunci

$$\begin{aligned} D_3 &= c_a \cdot \Delta P \\ D_4 &= c_s \cdot \Delta P \\ D_5 &= b_n \cdot \Delta P. \end{aligned} \tag{4}$$

Ţinînd seamă de (2), rezultă :

$$\begin{aligned} D_3 &= m_3 \cdot \theta_p \\ D_4 &= m_4 \cdot \theta_p \\ D_5 &= m_5 \cdot \theta_p, \end{aligned} \tag{5}$$

unde

$$m_3 = c_a \frac{P}{T}, \quad m_4 = c_s \frac{P}{T}, \quad m_5 = b_n \frac{P}{T}.$$

Valorile m_3, m_4, m_5 se calculează pe baza evidenţelor producţiei, iar θ_p se citeşte din caracteristica de timp a întreruperilor, determinată mai sus.

Daunele însumate ale întreprinderii sînt :

$$D = \sum_{i=1}^{5} D_i. \tag{6}$$

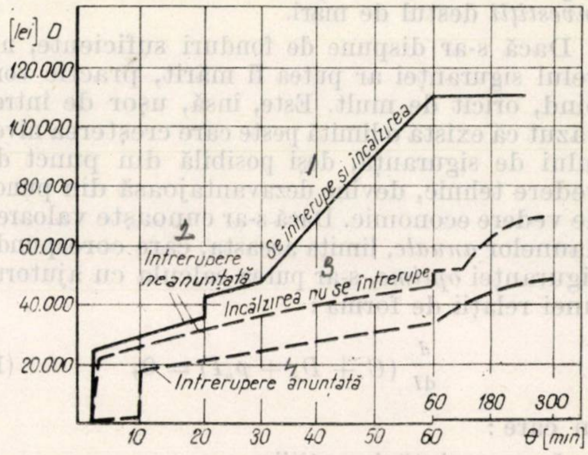


Fig. 1. $D = f(\theta)$ la sinteza caprolactamei [4].

În figura 1 se arată daunele provocate de întreruperea alimentării electrice a secţiei monomer dintr-o mare uzină de fibre sintetice tip relon, iar în figura 2 – daunele care apar pe ansamblul uzinei respective [4].

Daune specifice. Pentru a putea generaliza rezultatele obţinute, este util să se calculeze o serie de indici specifici. Cei mai reprezentativi sînt *costul kilowatt-orei nelivrate şi costul minutului de întrerupere electrică.*

Costul kilowatt-orei nelivrate se determină cu relaţia :

$$d = \frac{D}{\Delta E} \text{ [lei/kWh]}, \tag{7}$$

unde ΔE este energia nelivrată.

Dificultăţi mai mari se întîmpină la calculul energiei nelivrate, care se poate determina destul de comod numai dacă sarcina consumatorului se înregistrează continuu, ceea ce se întîmplă rar.

Dacă N este sarcina obişnuită a întreprinderii la ora h, cînd s-a produs întreruperea, atunci energia nelivrată este

$$\Delta E = kN\theta, \qquad (8)$$

unde $k = f(\theta)$ descrie caracterul întreruperii din punctul de vedere al variaţiei sarcinii. Coeficientul k poate fi subunitar sau supraunitar.

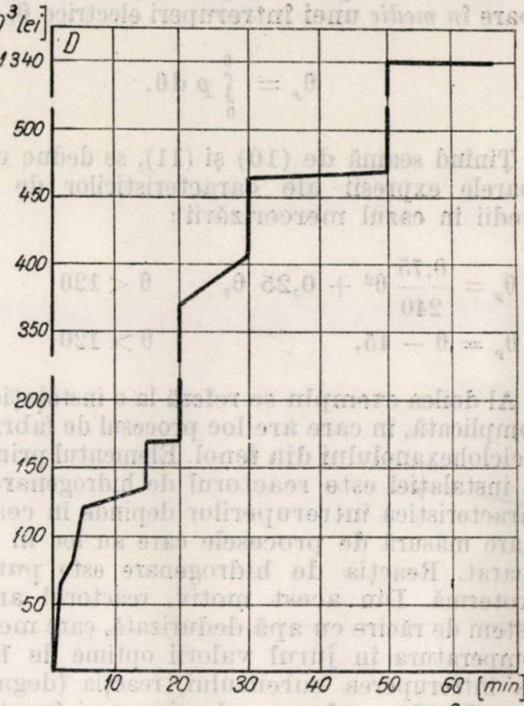


Fig. 2. $D = f(\theta)$ la fabricarea relonului [4].

De cele mai multe ori, energia nelivrată este influenţată într-o mică măsură de consumurile care au loc în perioada pregătitoare, înainte de pornirea propriu-zisă a agregatelor tehnologice. În schimb, această mărime este influenţată puternic de succesiunea pornirii diferitelor faze ale procesului tehnologic sau a instalaţiilor auxiliare.

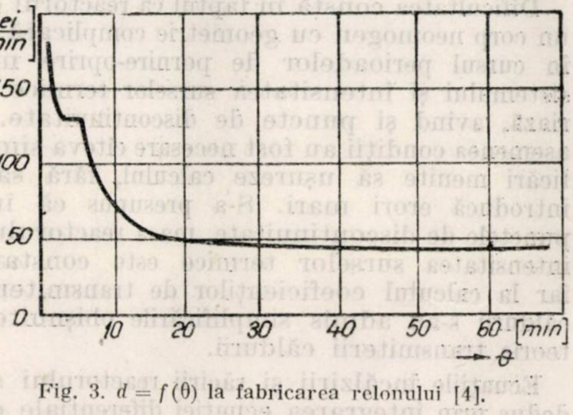


Fig. 3. $d = f(\theta)$ la fabricarea relonului [4].

În figura 3 se arată costul kilowatt-orei nelivrate la fabricarea fibrelor sintetice tip relon. Pentru întreprinderile de prelucrare a bumbacului, cu secţii de ţesătorie şi finisaj, acelaşi indice se poate urmări în figura 4 [5].

Este de remarcat că indicele d nu poate fi luat singur pentru a defini amploarea daunei. Faptul

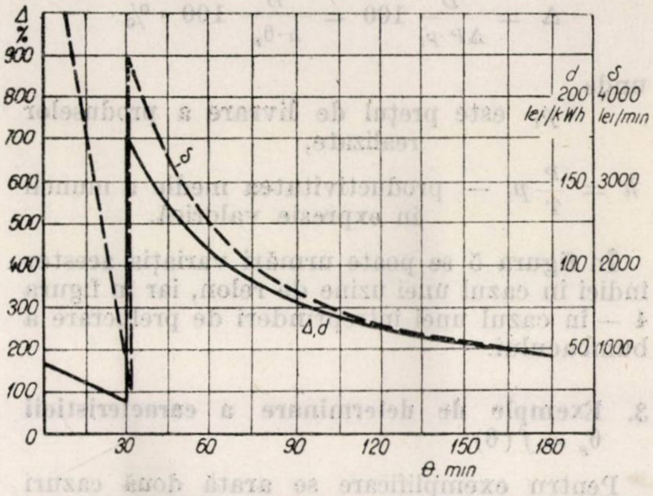


Fig. 4. Indicii d, δ şi Δ la filaturi şi imprimerii textile [5]

că valoarea daunei totale este împărţită la energia nelivrată face ca proceselor energo-intensive să le corespundă indici specifici foarte mici, şi invers.

În legătură cu aceasta, pentru a pune în evidenţă mai direct amploarea daunei provocate unei anumite întreprinderi, se calculează costul minutului de întrerupere:

$$\delta = \frac{D}{\theta}, \quad [\text{lei/min}] \qquad (9)$$

Acest indice este comod pentru serviciile de dispeceri la eşalonarea operativă şi corectă a sacrificărilor.

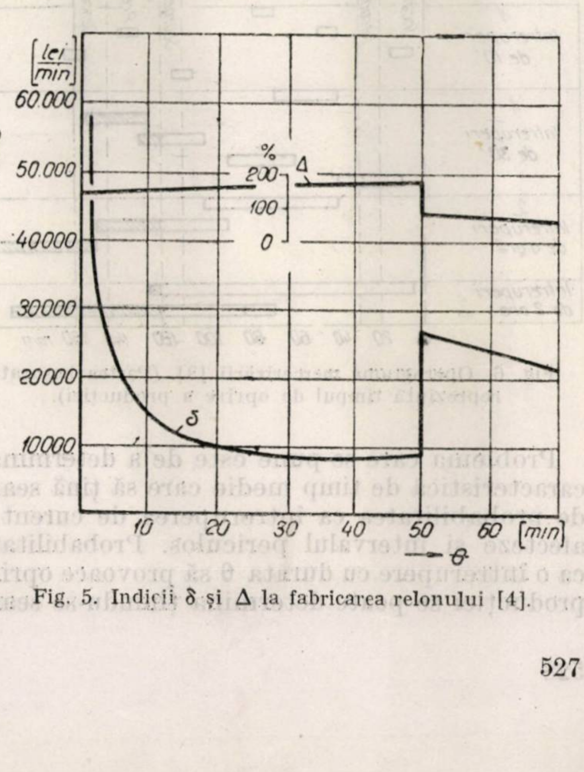


Fig. 5. Indicii δ şi Δ la fabricarea relonului [4].

Un alt indice semnificativ este valoarea relativă a daunelor (raportul dintre dauna totală și valoarea producției nerealizate) :

$$\Delta = \frac{D}{\Delta P \cdot p_l} 100 = \frac{D}{h \cdot \theta_p} 100 \text{ , \%} \cdot$$

unde

p_l este prețul de livrare a produselor realizate,

$h = \frac{P}{T} p_l$ — productivitatea medie a muncii în expresie valorică.

În figura 5 se poate urmări variația acestor indici în cazul unei uzine de relon, iar în figura 4 — în cazul unei întreprinderi de prelucrare a bumbacului.

3. Exemple de determinare a caracteristicii $\theta_p = f(\theta)$

Pentru exemplificare se arată două cazuri simple. În primul caz se studiază *mercerizarea* alcalicelulozei (una dintre fazele de fabricație a mătăsii-viscoză), iar în al doilea caz — *hidrogenarea* fenolului (una din fazele de fabricație a relonului).

Mercerizarea este un proces discontinuu, format din mai multe operații distincte (fig. 6). Dintre acestea, numai ultimele două sînt sensibile la întreruperea curentului electric. Durata ciclului este de 160 min, iar durata intervalului periculos — 40 min. Procesul este de așa natură, încît întreruperile care nu ating intervalul periculos nu au nici un fel de urmare, iar întreruperile care ating intervalul periculos se soldează doar cu oprirea procesului pe durata cît lipsește curentul electric.

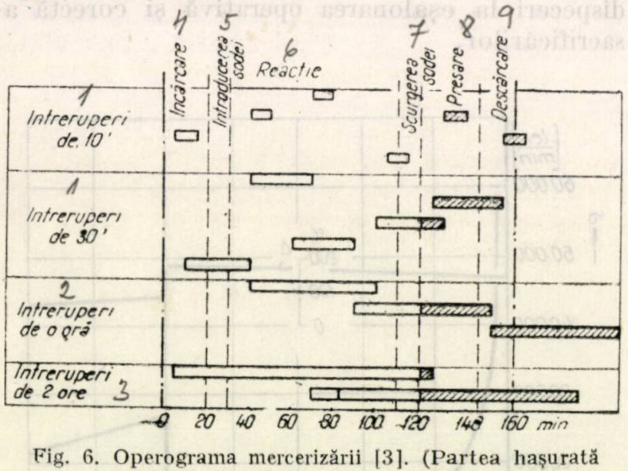


Fig. 6. Operograma mercerizării [3]. (Partea hașurată reprezintă timpul de oprire a producției).

Problema care se pune este de a determina o caracteristică de timp medie care să țină seamă de probabilitatea ca întreruperea de curent să afecteze și intervalul periculos. Probabilitatea ca o întrerupere cu durata θ să provoace oprirea producției se poate determina ținîndu-se seamă de durata ciclului și durata intervalului periculos :

$$\begin{aligned} p &= \frac{40+\theta}{160} & \theta &< 120 \\ p &= 1 & \theta &> 120 \end{aligned} \qquad (10)$$

Durata de oprire a producției, corespunzătoare *în medie* unei întreruperi electrice θ, este :

$$\theta_p = \int_0^\theta p \, d\theta. \qquad (11)$$

Ținînd seamă de (10) și (11), se deduc următoarele expresii ale caracteristicilor de timp medii în cazul mercerizării :

$$\begin{aligned} \theta_p &= \frac{0{,}75}{240} \theta^2 + 0{,}25\,\theta, & \theta &< 120 \\ \theta_p &= \theta - 45, & \theta &> 120 \end{aligned} \qquad (12)$$

Al doilea exemplu se referă la o instalație mai complicată, în care are loc procesul de fabricație a ciclohexanolului din fenol. Elementul principal al instalației este reactorul de hidrogenare, iar caracteristica întreruperilor depinde în cea mai mare măsură de procesele care au loc în acest aparat. Reacția de hidrogenare este puternic exotermă. Din acest motiv, reactorul are un sistem de răcire cu apă dedurizată, care menține temperatura în jurul valorii optime de 160°C. La întreruperea curentului, reacția (degajarea de căldură) scade repede, iar apoi încetează. Reactorul începe să se răcească inițial (un timp scurt), mai ales pe seama apei de răcire, iar apoi mai ales pe seama pierderilor de căldură în exterior. Oprirea efectivă a producției depinde de nivelul pînă la care scade temperatura reactorului în cursul pauzei și de viteza cu care se revine la temperatura de regim după apariția tensiunii. Din acest motiv, caracteristica întreruperilor se poate calcula cu ajutorul ecuațiilor de încălzire și răcire a reactorului.

Dificultatea constă în faptul că reactorul este un corp neomogen cu geometrie complicată, iar în cursul perioadelor de pornire-oprire masa sistemului și intensitatea surselor termice variază, avînd și puncte de discontinuitate. În asemenea condiții au fost necesare cîteva simplificări menite să ușureze calculul, fără să se introducă erori mari. S-a presupus că între punctele de discontinuitate, masa reactorului și intensitatea surselor termice este constantă, iar la calculul coeficienților de transmitere a căldurii s-au admis simplificările obișnuite în teoria transmiterii căldurii.

Ecuațiile încălzirii și răcirii reactorului s-au dedus prin integrarea ecuației diferențiale care exprimă bilanțul termic al aparatului într-un timp infinit mic :

$$(Q' + Q'' - Q''')\,dt = A(\vartheta - \vartheta_0)\,dt + C d\vartheta, \qquad (13)$$

în care:

Q' este cantitatea de căldură introdusă în reactor prin sistemul de încălzire, kcal/h;

Q'' — cantitatea de căldură degajată în interiorul reactorului prin reacţii exoterme, kcal/h;

Q''' — cantitatea de căldură evacuată din reactor prin sistemul de răcire, kcal/h;

A — cantitatea de căldură cedată mediului ambiant prin suprafaţa exterioară, kcal/h°C;

C — capacitatea calorică a aparatului, kcal/°C;

ϑ — temperatura în spaţiul interior al reactorului, °C;

ϑ_0 — temperatura mediului ambiant, °C;

t — timpul, ore.

Din (3) se deduce ecuaţia încălzirii pentru $\vartheta < 120°C$:

$$\vartheta = \frac{Q'}{A}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + (\vartheta_i - \vartheta_0)\, e^{-\frac{t}{T}} + \vartheta_0\,; \tag{14}$$

ecuaţia încălzirii pentru $\vartheta > 120°C$:

$$\vartheta = \frac{Q'' - Q'''}{A}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + (\vartheta_i - \vartheta_0)\, e^{-\frac{t}{T}} + \vartheta_0\,; \tag{14'}$$

şi ecuaţia răcirii:

$$\vartheta = (\vartheta_i - \vartheta_0)\, e^{-\frac{t}{T}} + \vartheta_0, \tag{14''}$$

în care:

T este constanta de timp termică a reactorului, ore;

ϑ_i — temperatura de la care începe încălzirea, respectiv răcirea reactorului, °C;

e — baza logaritmilor naturali.

Punctul de discontinuitate din ecuaţia încălzirii, corespunzător lui $\vartheta = 120°C$, se explică prin faptul că la această temperatură admisia aburului se întrerupe ($Q' \to 0$), iar încălzirea continuă pe seama reacţiei exoterme care se amorsează datorită admisiei vaporilor de fenol-hidrogen.

Timpul θ_p, necesar reactorului ca să revină la temperatura de regim, se compune dintr-o perioadă de răcire, egală aproximativ cu θ, şi o perioadă de încălzire avînd un punct de discontinuitate la $\vartheta = 120°C$. Din (13) şi din ecuaţiile (14) se obţine:

$$\theta_p = \theta + \int_{\vartheta_i}^{120} \frac{C\, d\vartheta}{Q' - A\,(\vartheta - \vartheta_0)} + \int_{120}^{160} \frac{C\, d\vartheta}{Q'' - Q''' - A\,(\vartheta - \vartheta_0)}, \tag{15}$$

în care ϑ_i rezultă din (14''):

$$\vartheta_i = 150\, e^{-\frac{t}{T}} + 10.$$

Caracteristica întreruperilor pentru reactorul de hidrogenare se arată în figura 7. Această caracteristică este reprezentativă şi pentru întreaga fază de fabricaţie a ciclohexanolului, dacă întreruperea de curent nu afectează alimentarea cu abur şi apă caldă.

4. Stadiul problemei în teorie şi practică

Pînă în prezent, atît în ţara noastră cît şi în străinătate, evaluarea efectului economic al întreruperilor în alimentarea cu energie electrică s-a făcut doar în situaţii speciale, pe baza unor calcule estimative efectuate de tehnologii şi energeticienii întreprinderilor consumatoare sau de alte organe. Nu a existat o preocupare sistematică de a determina datele respective şi de a le pune la îndemîna proiectanţilor de sisteme energetice şi de întreprinderi industriale, în aşa fel încît să fie posibilă optimizarea *economică* a siguranţei de alimentare a principalelor noduri din sistem sau a unor instalaţii vitale la consumator. Această situaţie se explică în primul rînd prin faptul că nu a existat o metodă de calcul adecvată.

În momentul în care autorii au abordat problema, în literatura mondială exista o singură lucrare [7] în care se studiau direct daunele economice provocate de întreruperile în alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale. Meritul lui Afonin, autorul acestei lucrări, constă în faptul că a formulat cu claritate şi pentru prima dată problema daunelor, a prezentat o metodă de rezolvare, a lansat — într-un mare număr de întreprinderi — chestionare pentru consemnarea efectelor, le-a prelucrat, le-a interpretat şi le-a prezentat sistematic în lucrarea citată.

Între metoda lui Afonin [7] şi metoda autorilor [2] există asemănări formale, de exemplu împărţirea daunelor în componente. Există însă şi deosebiri de principiu, care trebuie să fie relevate mai ales în legătură cu utilizarea rezultatelor:

a) *Cu privire la componentele daunei totale.* În metoda autorilor, structura daunelor *directe* reflectă structura preţului de cost al producţiei. Ea nu cuprinde ceea ce Afonin numeşte „daune provocate de prelungirea şi dereglarea procesului de producţie'', întrucît această daună nu există ca atare. Ea se repartizează între celelalte componente prin intermediul caracteristicii de timp.

În ce priveşte daunele *indirecte*, Afonin consideră că ele sînt reprezentate de valoarea întreagă a producţiei nerealizate. Autorii consideră ca daună indirectă doar beneficiul net pierdut de societate prin nerealizarea produsului, și aceasta numai atunci cînd întreprinderea nu are posibilitatea să recupereze această nerealizare în orele de lucru normale, adică atunci cînd instalațiile nu permit o accelerare ,,normală'' a procesului.

Ipoteza lui Afonin echivalează cu dubla înregistrare a unor componente ale daunelor directe și cu includerea, în dauna totală, a costului materiei prime, chiar dacă materia primă nu se strică. Ca rezultat al acestei ipoteze se obține o daună mult mai mare decît cea reală.

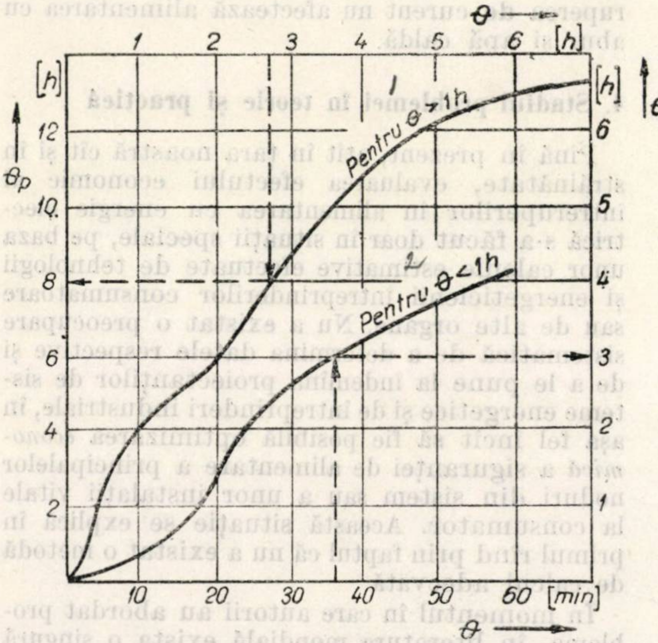


Fig. 7. $\theta_p = f(\theta)$ pentru procesul de hidrogenare a fenolului [4].

b) *Cu privire la determinarea caracteristicii de timp a întreruperilor.* În calculul daunelor, caracteristica de timp este un element esențial. O caracteristică stabilită pentru o anumită instalație este valabilă numai pentru instalații absolut identice. Modificări aparent neînsemnate ale instalației sau procesului pot schimba complet caracteristica de timp. Mai trebuie să se rețină și faptul că funcția care exprimă caracteristica de timp este de natură statistică. Ea trebuie dedusă în așa fel, încît dispersia duratelor reale de oprire a producției să se grupeze cît mai strîns în jurul caracteristicii deduse prin studiu.

Plecînd de la aceste constatări, autorii au arătat concret cum trebuie să se stabilească funcția $\theta_p = f(\theta)$, și anume: dacă există date statistice certe, se utilizează relația (2); dacă aceste date lipsesc, se analizează procesele tranzitorii care au loc la pornirea și oprirea instalațiilor, așa cum se arată în modelele de calcul prezentate [3]...[6]. În cadrul acestei analize răspunsurile personalului de exploatare la întrebări de genul ,,Cît stă instalația dacă curentul se întrerupe pentru cinci minute?'', pot servi doar ca o indicație cu totul *orientativă*.

În lucrarea lui Afonin nu se dă nici o lămurire asupra modului cum au fost, sau cum trebuie să fie calculate caracteristicile de timp. Ecuațiile și curbele prezentate pot fi luate doar ca atare.

c) *Cu privire la trecerea de la caracteristica de timp la caracteristicile daunelor.* În legătură cu această problemă, asupra căreia Afonin nu dă explicații, autorii au stabilit o serie de relații. Relația de bază este (2); relațiile auxiliare sînt de tipul (4) și (5).

d) *Cu privire la calculul daunei specifice pe* kWh *nelivrată.* După cum s-a mai spus, la calculul acestui indice, problema cea mai dificilă este determinarea energiei nelivrate. În lucrarea lui Afonin nu există, în acest scop, nici o indicație în afara aceleia că datele au fost furnizate de întreprinderi pe bază de chestionar.

Pentru calculul energiei nelivrate, autorii au propus relația generală (8). Ulterior, cu ocazia aplicării metodei generale, s-au dedus relații de calcul particulare, care pot fi utilizate sub forma dată sau pot fi îmbunătățite [3]...[6].

Nevoia unor relații de calcul pentru energia nelivrată rezultă din faptul că întreprinderile consumatoare nu au aparate de înregistrare continuă a sarcinii. Experiența autorilor arată că, imediat după revenirea tensiunii, sarcina variază după legi greu de exprimat analitic. Aprecierea lor cît mai exactă este totuși absolut obligatorie, căci altfel costul kWh nelivrate — indicele cel mai util în proiectare — este afectat de erori care pun sub semnul întrebării însăși utilitatea sa. Mai trebuie precizat și faptul că evidența întreprinderilor consumatoare privind momentul și durata întreruperilor, succesiunea pornirilor etc. are o valoare informativă redusă.

e) *Cu privire la utilizarea lucrării lui Afonin.* Cartea lui Afonin are două părți: metoda de cercetare și rezultatele metodei (grafice și tabele cu valori de daune).

În ce privește metoda, în afară de observațiile menționate mai sus, se constată că materialul prezentat în [7] nu conține informațiile strict necesare pentru aplicarea ei. Acesta a fost unul din motivele pentru care autorii au fost nevoiți să elaboreze o metodă proprie.

Utilitatea graficelor și a tabelelor cu valori de daune trebuie să fie examinată în raport cu observațiile menționate mai sus.

Concluzii

1. Studiile aplicative efectuate la cîteva mari întreprinderi industriale demonstrează că metoda propusă este destul de operativă și că efectul economic al întreruperilor electrice se poate determina, cu suficientă precizie, chiar în cazul unor procese foarte complicate.

2. Dacă întreprinderile industriale posedă o evidență corespunzătoare a întreruperilor și a producției, calculul daunelor se simplifică și poate fi mecanizat în întregime. În caz contrar, operația cea mai dificilă este determinarea caracteristicii de timp a întreruperilor, care necesită un studiu aprofundat al fenomenelor din perioada de oprire-pornire a agregatelor tehnologice. Întrucît posibilitatea efectuării unor experimentări este practic nulă, precizia rezultatelor va depinde de măsura în care fenomenele studiate sînt prinse în calcule.

3. Metoda expusă și rezultatele arătate nu epuizează problema daunelor în toată complexitatea ei. Pentru a îmbunătăți procedeele de calcul și pentru a putea trage concluzii generale din rezultatele obținute, este necesar ca efectul întreruperilor electrice accidentale să se studieze la un număr cît mai mare și mai variat de procese tehnologice.

De remarcat că analiza daunelor este posibilă încă în stadiul de proiectare a unei întreprinderi, această analiză contribuind la alegerea celor mai judicioase scheme de alimentare și la echiparea corectă cu dispozitive automate de protecție și rezervă.

Studiile de daune vor demonstra, între altele, avantajul economic al unei siguranțe înalte a alimentării cu energie electrică și necesitatea de a se aloca, în acest scop, fondurile corespunzătoare.

Bibliografie

[1] Guţu, C. *Determinarea rezervei de putere în sisteme interconectate ideal.* Studii și cercetări de energetică nr. 2/1961.

[2] Guţu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Determinarea daunelor provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică.* Studii și cercetări de energetică nr. 4/1961.

[3] Guţu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Daune provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică la fabricarea mătăsii-viscoze.* Studii și cercetări de energetică nr. 1/1962.

[4] Guţu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Daune provocate de întreruperile electrice la fabricarea fibrelor sintetice poliamidice.* Studii și cercetări de energetică nr. 2/1962.

[5] Guţu, C., Petcu, M. și Soci, A. *Calculul efectelor economice provocate de întreruperile electrice la filaturile de bumbac și la finisajul ţesăturilor de bumbac.* Industria textilă 1962.

[6] Guţu, C., Iordache, I. și Soci, A. *Consecinţele economice ale întreruperilor electrice în procesele siderurgice.* Studii și cercetări de energetică nr. 2/1963, seria A.

[7] Afonin, N. S. *Nadejnosti elektrosnabjenia promtşlennth predpriatii.* Gosenergoizdat, Moscova, 1958.

Realizarea unui releu direcţional de tip electromagnetic prin modificarea unui releu de tensiune de fabricaţie curentă în R.P.R.

Ing. *STELIAN POPESCU*

1. Alături de sensibilitate, siguranță și rapiditate, selectivitatea constituie o condiție de bază în funcționarea corectă a instalațiilor de protecție prin relee într-un sistem energetic.

Funcționarea selectivă a protecțiilor aferente mai multor întrerupătoare de pe o cale de curent (între care nu există legături secundare, fizice sau de înaltă frecvență) se realizează, de regulă generală, pe bază de trepte de timp.

Eșalonarea succesivă a timpilor de funcționare a protecțiilor (fig. 1), valabilă, evident, numai pentru un sens de circulație a curenților de scurtcircuit, nu este suficientă în cazul rețelelor buclate sau al liniilor cu alimentare pe la ambele capete. În aceste cazuri, condiția de selectivitate impune, în plus, adoptarea unui sistem de blocare a protecției prin relee pentru a funcționa numai în sensul dorit (așa cum se indică prin săgeți în figura 1).

În literatură sînt cunoscute următoarele metode și elemente de blocare direcțională a protecției prin relee :

a) *Pe bază de releu de curent* (fig. 2). Sistemul are o aplicație foarte restrînsă, întrucît implică o anumită relație între curenții de scurtcircuit pe linia respectivă :

$$K_{sig} \cdot i_1 \leqslant i_{reg} \leqslant \frac{i_2}{K_{sens}} . \qquad (1)$$

b) *Pe bază de releu de impedanță.* Sistemul necesită relee speciale de impedanță, cu caracteristici circulare decalate sau deformate (ovală, elipsoidală), este relativ scump și se utilizează exclusiv în complexele de relee de distanță pentru protecția liniilor de înaltă tensiune (110—380 kV).

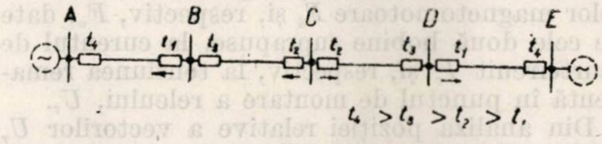


Fig. 1.

Mărimea de acționare a releului este funcție de raportul $\frac{U_r}{I_r}$ și φ_r, în care U_r și I_r sînt tensiunea, respectiv curentul, aduse la bornele releului, iar φ_r — decalajul între cei doi vectori.

c) *Pe bază de releu de putere* (direcțional) construit exclusiv pe principiul de inducție sau electrodinamic.

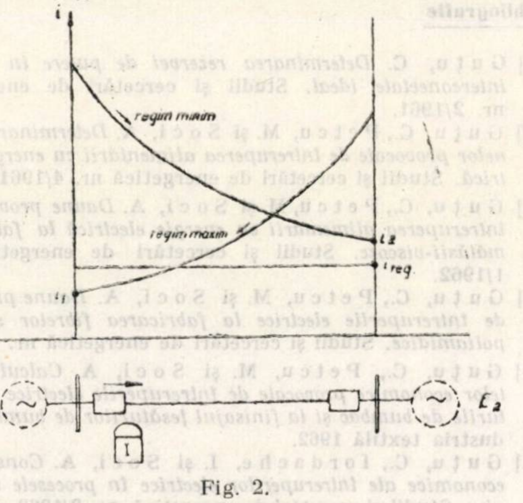


Fig. 2.

Sistemul este mai ieftin și foarte răspîndit în sistemele energetice. Prezintă dezavantajul unei mari sensibilități, avînd puterea de acționare foarte mică, și implică o tehnologie de fabricație mai dificilă și un cost ridicat, fapt care a făcut ca el să nu fie, încă, fabricat în țara noastră.

Mărimea de acționare a releului este definită de expresia:

$$M = K\,U_r\,I_r \cos(\varphi_r + \gamma), \tag{2}$$

U_r, I_r și φ_r avînd semnificația de mai sus, iar γ fiind un unghi rezultat din considerente constructive.

2. În cele ce urmează se propune realizarea unui releu special, direcțional, de tip electromagnetic, a cărui mărime de acționare să fie

$$F = \alpha U_r + \beta I_r\,. \tag{3}$$

Pentru construcția releului se va utiliza miezul magnetic al releului electromagnetic romînesc tip RT (sau RC), fabricat la uzina „Electromagnetica", care va fi prevăzut cu bobine suprapuse de curent și tensiune (fig. 3).

Efectul de lucru se obține prin însumarea forțelor magnetomotoare F_i și, respectiv, F_u, date de cele două bobine suprapuse, la curentul de scurtcircuit I_r și, respectiv, la tensiunea remanentă în punctul de montare a releului, U_r.

Din analiza poziției relative a vectorilor U_r și I_r la diverse feluri de defecte, s-a ajuns la concluzia că pentru releul propus este oportună următoarea combinație de vectori:

Faza R:

$$U_{rRT} - I_{rRS} \tag{4 a}$$

Faza S:

$$U_{rSR} - I_{rST} \tag{4 b}$$

Faza T:

$$U_{rTS} - I_{rTR}, \tag{4 c}$$

adică, în conformitate cu relația (3), mărimile aplicate releelor direcționale respective vor fi:

$$F_R = \alpha \cdot U_{rRT} + \beta \cdot I_{rRS} \tag{5 a}$$

$$F_s = \alpha \cdot U_{rSR} + \beta \cdot I_{rST} \tag{5 b}$$

$$F_T = \alpha \cdot U_{rTS} + \beta \cdot I_{rTR}. \tag{5 c}$$

Curenții necesari se obțin printr-un montaj YD11 al reductoarelor de curent.

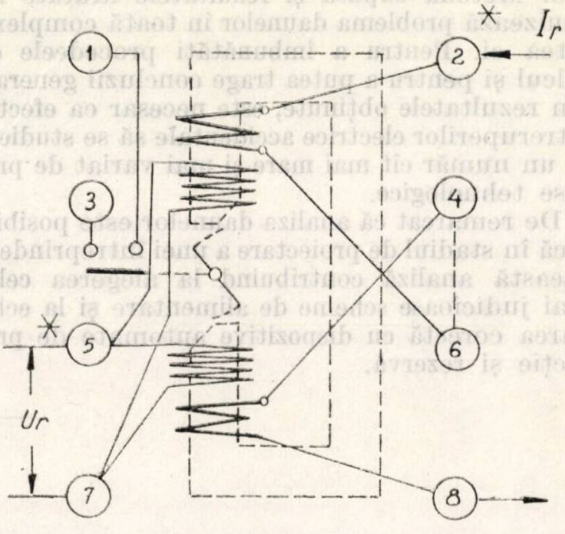


Fig. 3.

Forțele magnetomotoare aferente bobinelor de tensiune și curent vor fi (în sistem raționalizat MKSA):

$$F_u = \frac{N_u}{Z_u} \cdot U_r = \alpha U_r\,, \tag{6}$$

adică

$$\alpha \equiv \frac{N_u}{Z_u}\left(\frac{\text{AS}}{\text{volt}}\right),$$

în care:

N_u este numărul de spire al bobinei de tensiune;

Z_u — impedanța bobinei de tensiune;

iar

$$F_i = N_i I_r = \beta I_r\,, \tag{7}$$

adică

$$\beta \equiv N_i \text{ (spire)},$$

unde N_i este numărul de spire al bobinei de curent.

Forța magnetomotoare F_u va fi decalată în urma tensiunii U_r cu unghiul δ (unghiul de impedanță al bobinei de tensiune), iar F_i va fi în fază cu curentul I_r.

Notînd cu φ_r unghiul de decalaj între U_r și I_r (unghiul de „impedanță fictivă"), rezultă că F_i va fi decalat în urmă, față de F_u, cu unghiul:

$$\psi = \varphi_r - \delta. \tag{8}$$

În consecință, expresia generală a forței magnetomotoare aplicată releului direcțional rezultă din relațiile (3) și (8):

$$F = \sqrt{\alpha^2 U_r^2 + \beta^2 I_r^2 + 2\,\alpha\,\beta\, U_r\, I_r \cos \psi}. \tag{9}$$

F va fi maximă cînd vectorii $F_u = \alpha\, U_r$ și $F_i = \beta I_r$ vor fi în fază, adică

$$\psi = 0°, \tag{10}$$

și minimă cînd cei doi vectori vor fi în opoziție:

$$\psi = 180°. \tag{11}$$

Forța magnetomotoare de acționare a releului de bază *RT* este egală cu 100 AS, corespunzător cuplului maxim antagonist.

Condiția de sensibilitate a protecției impune ca pentru orice fel de defect în zona de protecție („în față") să acționeze cel puțin releul unei faze, adică minimum una din valorile date de expresiile (5 a), (5 b), (5 c) să fie mai mare decît 100 AS, cu o margine de siguranță.

Întrucît la scurtcircuit trifazic la bornele întrerupătorului tensiunea este nulă, condiția de sensibilitate impune ca valoarea curentului de scurtcircuit să asigure funcționarea releului.

Condiția de selectivitate a protecției impune ca, pentru orice fel de defect în afara zonei protejate („în spate"), să nu acționeze sigur nici un releu, adică toate valorile date de expresiile (5 a), (5 b), (5 c) să fie mai mici decît 100 AS cu o margine de siguranță.

Dimensionarea bobinelor de curent și tensiune se va face deci în modul următor:

— *Bobina de tensiune*

$$F_{u\,act} = 100 \text{ AS} = \alpha\, U_{act} \tag{12}$$

$$\text{pt}\, F_i = 0$$

iar

$$U_{act.} = K_{sig} \cdot U_n. \tag{13}$$

Deci:

$$\alpha = \frac{F_{u\,act}}{K_{sig} \cdot U_n} \left(\frac{\text{AS}}{\text{volt}}\right). \tag{14}$$

Se alege

$$K_{sig} = 1{,}25$$

și rezultă

$$\alpha = \frac{100 \text{ (AS)}}{1{,}25 \times 100 \text{ (V)}} = 0{,}8 \text{ AS/volt}. \tag{15}$$

Condiția (13) a rezultat din considerentul că releul nu trebuie să acționeze numai pe baza tensiunii aplicate

— *Bobina de curent*

$$F_{i\,act.} = 100 \text{ AS} = \beta \cdot I_{act.} \tag{16}$$

$$\text{pt} \cdot F_u = 0,$$

iar

$$I_{act.} = K_{sig} \cdot I_{2C}. \tag{17}$$

Deci:

$$\beta = \frac{F_{i\,act.}}{K_{sig}\, I_{2C}} = N_i \text{ (spire)} \tag{18}$$

Se alege

$$K_{sig} = 1{,}25$$

și rezultă

$$\beta = \frac{100}{1{,}25 \cdot I_{2C}} = \frac{80}{I_{2C}} \text{ (spire)}. \tag{19}$$

Condiția (17) a rezultat din considerentul că releul nu trebuie să acționeze pentru curentul I_{2C}, care străbate releul direcțional la scurtcircuit trifazat franc pe barele stației C („în spate").

Ca bobine de tensiune se vor utiliza bobinele existente ale releului *RT* 1/200.

Bobinele de curent se vor construi cu 1÷10 spire (din spiră în spiră), adică pentru curenți variind între 5 A (10 + 10 spire) și 100 A (1//1 spiră).

3. Verificarea comportării releului respectiv la toate tipurile de defecte s-a făcut utilizînd următoarele notații:

U_r; I_r — tensiunea, respectiv curentul secundar;

U' — tensiunea între faze a rețelei în funcționare normală raportată la secundar ($U' = 100$ volți);

φ_r — unghiul între tensiunea U_r și curentul I_r, aduse la bornele releului (unghiul de „impedanță fictivă");

X_s — reactanța sursei generatoare pînă în punctul de montare a releului raportată la secundarul reductoarelor;

X_L; R_L — reactanța, respectiv rezistența liniei protejate, din punctul de montare a releului pînă în punctul de defect, raportate la secundarul reductoarelor;

φ_L — unghiul de decalaj între tensiunea remanentă pe fază și curentul de scurtcircuit al aceleiași faze (de exemplu între U_{rR} și I_{rR});

$$\operatorname{tg} \varphi_L = \frac{X_L}{R_L}; \tag{20}$$

φ_t — unghiul de decalaj între tensiunea normală și curentul de scurtcircuit produs de tensiunea respectivă (de exemplu între U'_R și I_{rR}), este definit de expresia

$$\operatorname{tg} \varphi_t = \frac{X_L + X_S}{R_L}; \tag{21}$$

δ — unghiul de decalaj între tensiunea aplicată releului și forța magnetomotoare produsă (unghiul de impedanță al bobinei de tensiune a releului);

ψ — unghiul între cele două forțe magnetomotoare ale bobinelor releului direcțional (F_u și F_i). Întrucît F_i este în fază cu I, rezultă

$$\psi = \varphi_r - \delta. \tag{22}$$

Pentru unghiul δ a rezultat constructiv valoarea

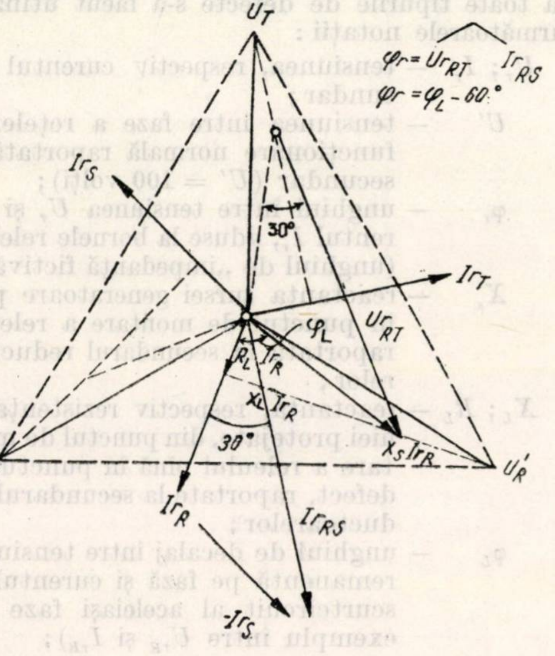
$$\delta = 5^\circ, \tag{23}$$

obținută prin utilizarea bobinelor de fabricație curentă a releelor RT$_1$ pentru tensiunea de 100 V.

Pentru verificarea comportării corecte a releelor direcționale se vor analiza valorile celor trei parametri, U_r I_r și φ_r, pentru diverse genuri de defecte :

a) *Scurtcircuit trifazat* (fig. 4)

Defectul fiind simetric, valorile respective vor fi identice pe cele trei faze.



U'_T
$\varphi r = \widehat{Ur_{RT}\ \ Ir_{RS}}$
$\varphi r = \varphi_L - 60°$
Ir_S
30°
Ir_T
Ur_{RT}
φ_L
R_L
Ir_R
$X_L Ir_R$
30°
$X_S Ir_R$
U'_S
U'_R
Ir_R
Ir_{RS}
$-Ir_S$

Fig. 4.

De exemplu, pentru faza R

$$U_{rRT} = U' \frac{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}}{\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_S)^2}}; \tag{24}$$

$$I_{rRS} = \frac{U'}{\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_S)^2}}, \tag{25}$$

iar

$$\varphi_{rR} = \varphi_L - 60^\circ = \text{ct}, \tag{26}$$

sau

$$\psi = \varphi_L - 60^\circ - \delta = \varphi_L - 65^\circ. \tag{27}$$

— Pentru defecte apropiate :

$$R_L \to 0$$

$$X_L \to 0;$$

deci

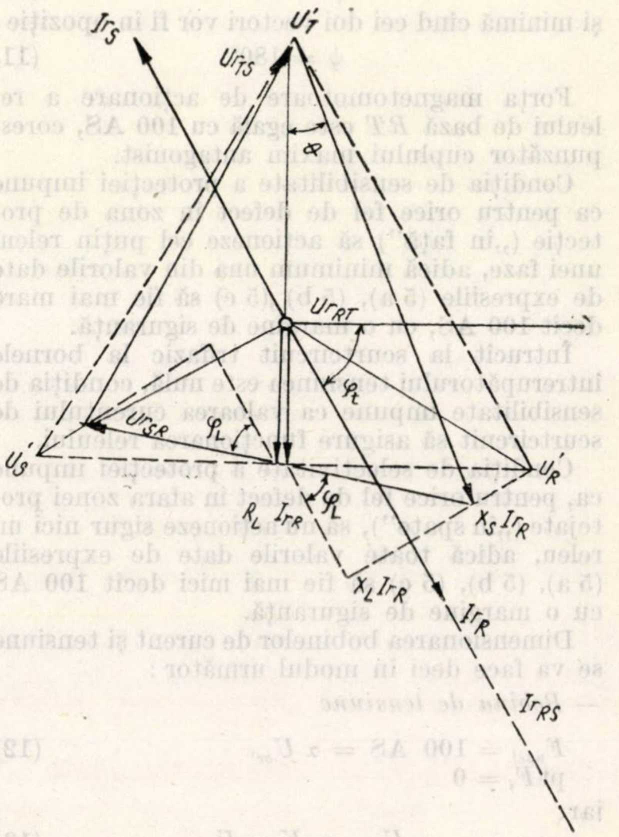
$$U_{rRT} \to 0.$$

— Pentru defecte îndepărtate :

$$X_s \ll X_L;$$

deci

$$U_{rRT} \to U' = 100\ V.$$



Ir_S
U'_T
Ur_{TS}
φ
Ur_{RT}
φ_t
Ur_{SR}
φ_L
U'_S
U'_R
φ_L
$R_L\ Ir_R$
$X_S Ir_R$
$X_L Ir_R$
Ir_R
Ir_{RS}

Fig. 5.

b) *Scurtcircuit bifazat* (fazele $R - S$) (fig. 5)

Defectul este nesimetric, astfel că se vor analiza valorile aferente fiecărei faze. Cu ajutorul diagramei din figura 5 și pe baza unor calcule trigonometrice simple * rezultă :

Faza R

$$U_{rRT} = U' \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{R_L^2 + X_L^2 + 2\sqrt{3}\, R_L X_s}{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}} \tag{28}$$

$$\bar{I}_{rRS} = \bar{I}_{rR} - \bar{I}_{rS} = 2\, I_{rR} = 2 \cdot \frac{U'}{2\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}} =$$

$$= \frac{U'}{\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}}. \tag{29}$$

---

* Se proiectează vectorul U_{rRT} pe o axă verticală ($U_{rRT} \cdot \cos\theta$) și pe alta orizontală ($U_{rRT} \cdot \sin\theta$), exprimîndu-se funcție de elementele cunoscute (U', R_L, X_L și X_s).

Se observă că valoarea curentului este aceeaşi ca în cazul scurtcircuitului trifazat pentru acelaşi punct de defect.

— Pentru defecte apropiate :

$$R_L \rightarrow 0$$

$$X_L \rightarrow 0;$$

deci

$$U_{rRT} \rightarrow 0{,}87\ U' = 87\ \mathrm{V} \tag{30}$$

$$\varphi_{rR} \rightarrow 90^\circ - 90^\circ = 0^\circ.$$

— Pentru defecte îndepărtate :

$$X_s \ll X_L;$$

deci

$$U_{rRT} \rightarrow U' = 100\ \mathrm{V}$$

$$\varphi_{rR} \rightarrow (\varphi_L - 60^\circ), \tag{31}$$

sau

$$\begin{aligned} \psi_R &= -\ \delta \div (\varphi_L - 60^\circ - \delta) \\ \psi_R &= -\ 5^\circ \div (\varphi_L - 65^\circ). \end{aligned} \tag{32}$$

Faza S

$$U_{rSR} = U' \cdot \frac{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}}{\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}}. \tag{33}$$

Se observă că valoarea tensiunii este aceeaşi ca în cazul scurtcircuitului trifazat pentru acelaşi punct.

$$\overline{I}_{rST} = \overline{I}_{rs} - \overline{I}_{rT} = \frac{U'}{2\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}}, \tag{34}$$

deoarece $I_T = 0$,

$$\varphi_{rS} = \varphi_L = \mathrm{ct}, \tag{35}$$

sau

$$\psi = \varphi_L - \delta = \varphi_L - 5^\circ. \tag{36}$$

— Pentru defecte apropiate :

$$R_L \rightarrow 0$$

$$X_L \rightarrow 0;$$

deci

$$U_{rSR} \rightarrow 0.$$

— Pentru defecte îndepărtate :

$$X_S \ll X_L;$$

deci

$$U_{rSR} \rightarrow U' = 100\ \mathrm{V}.$$

Faza T

$$U_{rTS} = U' \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{4}\left[\frac{R_L^2 + X_L^2 - 2\sqrt{3}\,R_L X_s}{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}\right]}; \tag{37}$$

$$I_{rTR} = I_T - \overline{I}_R = \frac{U'}{2\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}}, \tag{38}$$

deoarece $I_T = 0$,

$$\varphi_{rT} = -\ \mathrm{arc\,tg}\,\frac{R_L}{X_L + X_s} - $$

$$-\ \mathrm{arc\,tg}\,\frac{R_L^2 + X_L(X_L + X_s)}{\sqrt{3}\,(R_L^2 + (X_L + X_s)^2 - R_L X_s}. \tag{39}$$

— Pentru defecte apropiate :

$$R_L \rightarrow 0$$

$$X_L \rightarrow 0;$$

deci

$$U_{rTS} \rightarrow 0{,}87\ U' = 87\ \mathrm{V}$$

$$\varphi_{rT} \rightarrow 0^\circ + 0^\circ = 0^\circ. \tag{40}$$

— Pentru defecte îndepărtate :

$$X_s \ll X_L;$$

deci

$$U_{rTS} \rightarrow U' = 100\ \mathrm{V}$$

$$\varphi_{rT} = \varphi_L - 120^\circ, \tag{41}$$

sau

$$\psi_T = \varphi_L - 120^\circ - \delta = \varphi_L - 125^\circ. \tag{42}$$

c) *Scurtcircuit trifazat după transformatoarele* YY *sau* YΔ (YY12 ; YY6 ; YΔ1 ; YΔ5 ; YΔ7 ; YΔ11)

Defectul fiind simetric, diagrama curenţilor şi tensiunilor se roteşte cu acelaşi unghi şi în acelaşi sens, astfel că parametrii interesaţi nu sînt afectaţi (pentru YY12 rotirea este nulă).

Trebuie menţionat, însă, faptul că, în acest caz, valoarea unghiului φ_L va creşte datorită reactanţei suplimentare a transformatorului.

d) *Scurtcircuit bifazat după transformatoarele* YY 12 *şi* YY6

Datorită faptului că nu există combinări de înfăşurări, vectorii de tensiune şi de curenţi îşi păstrează faza (YY12) sau se rotesc cu 180° (YY6) fără a-şi modifica unghiul dintre ei.

e) *Scurtcircuit bifazat* ($R - S$) *după transformatoarele* YΔ11 (YΔ5) (fig. 6)

Circulaţia curenţilor este arătată în figura 6,*a*, iar diagrama vectorială a curenţilor şi tensiunilor — în figura 6,*b*.

Pornind de la diagrama vectorilor de curent şi tensiune după transformatorul YΔ11, identică cu cea din figura 5 (curenţii I_R'' şi I_S'' şi tensiunile U_R'', U_S'', U_T'') mergînd înapoi prin transformarea ΔY1 a transformatorului de forţă (curenţii I_R şi I_T în fază cu I_R'', însă cu $\sqrt{3}$ ori mai mici, şi curentul I_S în fază cu I_S'', însă cu $\sqrt{3}$ ori mai mare) şi din nou prin transformarea YΔ11 a reductoarelor de curent, se obţine :

Faza R

$$I_{rRS} = \sqrt{3}\ I_R'' = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{U'}{\sqrt{R_L^2 + (X_L + X_s)^2}}. \tag{43 a}$$

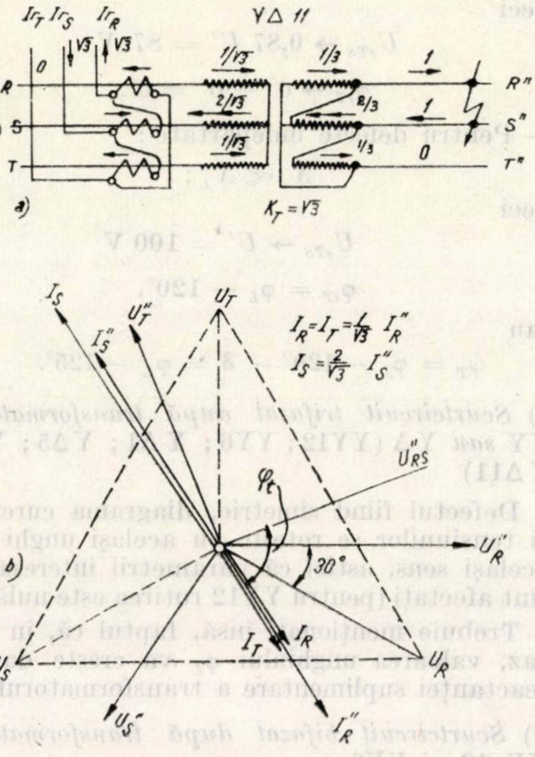
Faza S

$$I_{rST} = \sqrt{3}\, I_S'' = \frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{U'}{\sqrt{R_L^2+(X_L+X_s)^2}}\cdot \qquad (44\,\mathrm{a})$$

Faza T

$$I_{rTR} = 0. \qquad (45\,\mathrm{a})$$

Vectorii de tensiune rămîn aceiași ca valoare absolută ca și în cazul scurtcircuitului trifazat obişnuit; în schimb ei sînt rotiți în sens trigonometric negativ, cu un unghi de 30°, adică unghiurile φ_r (şi deci ψ) respective *se micșorează cu* 30°.



I_T I_S I_R
$Y\Delta\,11$
$\sqrt{3}$
$\sqrt{3}$
0
R
S
T
$1/\sqrt{3}$
$2/\sqrt{3}$
$1/\sqrt{3}$
$1/3$
$2/3$
$1/3$
1
1
0
R''
S''
T''
$K_T=\sqrt{3}$
a)
I_S
U_T''
I_S''
U_T
$I_R=I_T=\frac{1}{\sqrt{3}}\,I_R''$
$I_S=\frac{2}{\sqrt{3}}\,I_S''$
U_{RS}''
φ_t
U_R
30°
b)
I_T
I_R
U_R''
U_S
U_S''
I_R''

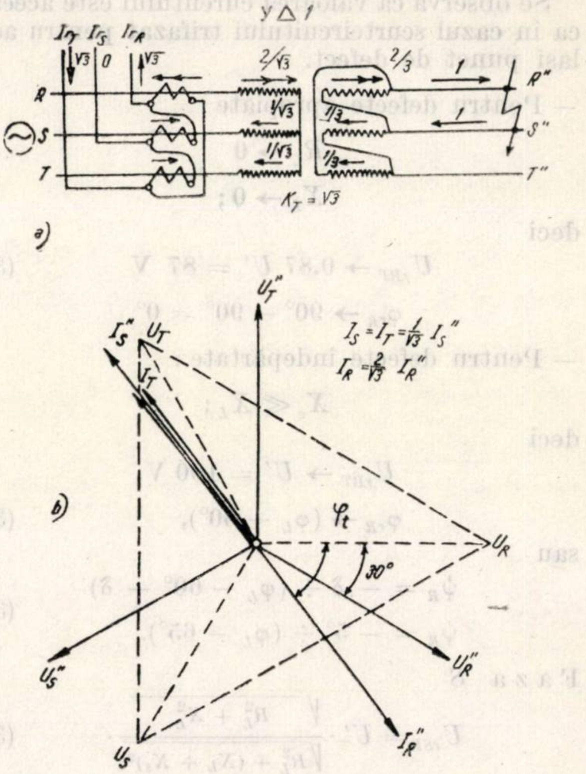
Fig. 6.

Cele arătate mai sus sînt valabile şi pentru transformatorul $Y\Delta5$, cu menţiunea că, pornind de la secundar spre primarul transformatorului de forță, vectorii de curent și tensiune suferă o rotire de 180°, care nu afectează parametrii releelor direcționale.

f) *Scurtcircuit bifazat* ($R-S$) *după transformatorul* YD 1 (YD 7) (fig. 7)

Circulaţia curenţilor este arătată în figura 7,*a*, iar diagrama vectorială a curenţilor şi tensiunilor — în figura 7,*b*.

Pornind de la diagrama vectorilor de curent și tensiune după transformatorul $Y\Delta1$, identică cu cea din figura 5 (curenții I_R'' și I_S'' și tensiunile U_R''; U_S''; U_T''), mergînd înapoi prin transformarea $\Delta Y11$ a transformatorului de forță (curentul I_R în fază cu I_R'', însă cu $\sqrt{3}$ ori mai mare, şi curenţii I_S şi I_T în fază cu I_S'', însă cu $\sqrt{3}$ ori mai mici) și din nou prin transformarea $Y\Delta11$ a reductoarelor de curent, se obține:



$Y\Delta\,1$
I_T I_S I_R
$\sqrt{3}$
0
$\sqrt{3}$
$2/\sqrt{3}$
$2/3$
1
R''
$1/\sqrt{3}$
$1/3$
1
S''
$1/\sqrt{3}$
$1/3$
T''
R
S
T
$K_T=\sqrt{3}$
a)
U_T''
I_S''
U_T
$I_S=I_T=\frac{1}{\sqrt{3}}\,I_S''$
$I_R=\sqrt{3}\,I_R''$
I_T
b)
φ_t
U_R
30°
U_S''
U_R''
U_S
I_R''

Fig. 7.

Faza R

$$I_{rRS} = \sqrt{3}\,I_R'' = \frac{\sqrt{3}}{2}\,\frac{U'}{\sqrt{R_L^2+(X_L+X_s)^2}} \qquad (43\,\mathrm{b})$$

Faza S

$$I_{rST} = 0 \qquad (44\,\mathrm{b})$$

Faza T

$$I_{rTR} = \sqrt{3}\,I_S'' = \frac{\sqrt{3}}{2}\,\frac{U'}{\sqrt{R_L^2+(X_L+X_s)^2}}\cdot \qquad (45\,\mathrm{b})$$

Vectorii de tensiune rămîn aceiași ca valoare absolută ca în cazul scurtcircuitului bifazat obișnuit; în schimb, ei sînt rotiți în sens trigonometric pozitiv, cu un unghi de 30°, adică unghiurile φ_r (și deci ψ) respective *se măresc cu* 30°.

Cele arătate mai sus sînt valabile și pentru transformatorul $Y\Delta7$, cu mențiunea că, pornind de la secundar spre primarul transformatorului de forță, vectorii de curent și tensiune suferă o rotație de 180°, care nu afectează parametrii releelor direcționale.

4. Pe baza expresiilor obținute pentru parametrii considerați și ținînd seamă de valorile concrete pentru impedanțele (reactanțe și rezistențe) liniilor și transformatoarelor din sistemele energetice, s-au calculat valorile-limită ale tensiunii aplicate releului, U_r, curentului aplicat releului, I_r, și ale unghiului ψ.

S-au luat valorile U_r și I_r raportate la tensiunea nominală, respectiv la curentul de scurtcircuit trifazat între faze în punctul respectiv.

Unghiul φ_L s-a considerat:

$$\varphi_L = 50^\circ, \tag{46 a}$$

corespunzător liniilor de 35 kV, care au aproximativ

$$X = 0{,}402 \text{ ohmi/km} \quad \text{și} \quad R = 0{,}336 \text{ ohmi/km},$$

$$\varphi_L = 75^\circ \tag{46 b}$$

corespunzător transformatoarelor, și

$$\varphi_L = 60^\circ, \tag{46 c}$$

corespunzător unei linii înseriate cu un transformator.

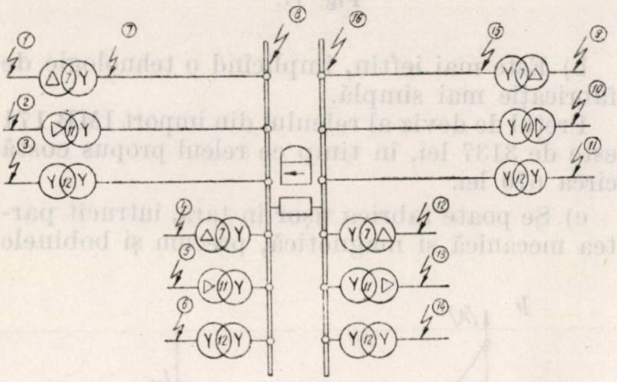
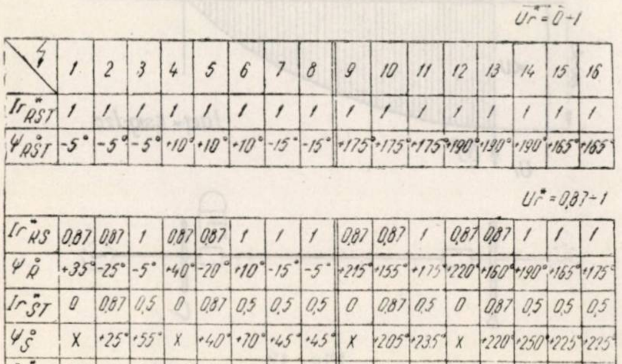


Fig. 8.

Pe baza unei scheme teoretice de sistem energetic în care s-a indicat întreruptorul prevăzut cu releul direcțional respectiv și punctele posibile de scurtcircuit (fig. 8), s-a întocmit tabela din figura 9.



$U_r^* = 0 \div 1$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I_{rRST}^*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ψ_{RST}°	-5°	-5°	-5°	+10°	+10°	+10°	-15°	-15°	+175°	+175°	+175°	+190°	+190°	+190°	+165°	+165°

$U_r^* = 0{,}87 \div 1$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I_{rRS}^*	0,87	0,87	1	0,87	0,87	1	1	1	0,87	0,87	1	0,87	0,87	1	1	1
ψ_R°	+35°	-25°	-5°	+40°	-20°	+10°	-15°	-5°	+215°	+155°	+175°	+220°	+160°	+190°	+165°	+175°
I_{rST}^*	0	0,87	0,5	0	0,87	0,5	0,5	0,5	0	0,87	0,5	0	0,87	0,5	0,5	0,5
ψ_S°	X	+25°	+55°	X	+40°	+70°	+45°	+45°	X	+205°	+235°	X	+220°	+250°	+225°	+225°
I_{rTR}^*	0,87	0	0,5	0,87	0	0,5	0,5	0,5	0,87	0	0,5	0,87	0	0,5	0,5	0,5
ψ_T°	-35°	X	-65°	20°	X	-50°	-75°	-5°	+145°	X	+115°	+160°	X	+130°	+105°	+175°

Fig. 9.

În această tabelă au fost trecute, pentru cele 16 puncte posibile de scurtcircuit, valorile tensiunilor și curenților calculate conform relațiilor determinate anterior și exprimate în unități relative *, precum și valorile unghiului ψ, dedus conform relațiilor determinate anterior și valorilor numerice admise prin relațiile (46 a÷c).

Se observă că pentru punctele de scurtcircuit ,,în față'' (1÷8) protecția trebuie să funcționeze sigur, iar pentru punctele ,,înapoi'' (9÷16), aceasta trebuie ca sigur să nu funcționeze.

Pentru scurtcircuitele ,,înapoi'' (punctele 9—16), unghiul de decalaj între forțele magnetomotoare a fost considerat $\psi + 180^\circ$, datorită faptului că pentru aceeași diagramă a tensiunilor curenții schimbă semnul.

Din analiza valorilor unghiului ψ, cuprinse în tabela din figura 9, se constată următoarele:

a) Valorile notate cu X corespund situațiilor cînd releul direcțional nu lucrează, întrucît curenții sînt nuli (relațiile 45 a și 44 b).

b) Valorile încercuite corespund situațiilor cînd releul direcțional ar putea lucra intempestiv (scurtcircuit pentru punctele 11 și 15), însă protecția nu funcționează întrucît curentul pe fază, care se aplică releului maximal, este nul ($I_T = 0$). Rămîn deci de studiat celelalte valori ale unghiului ψ.

c) Pentru scurtcircuite înapoi (punctele 9—16), releul *nu lucrează sigur* (chiar la valorile maxime posibile ale forțelor magnetomotoare F_u și F_i, care sînt de 80 AS, conform relațiilor (15) și (19), dacă valoarea unghiului ψ este cuprinsă între 120° și 240°, întrucît suma forțelor magnetomotoare nu depășește 80 AS. În speță, pentru punctul 14, faza S, deși unghiul are 250°, releul *nu lucrează sigur*, întrucît curentul I_{rST} relativ este 0,5, adică forța magnetomotoare F_i nu poate depăși 40 AS (în acest caz, limita unghiului ψ este 255°).

d) Pentru punctele de scurtcircuit îndepărtate (1; 2; 3 și 7), la sfîrșitul zonei de protecție, unde curenții de scurtcircuit sînt minimi, valoarea maximă a unghiului este +35°, adică forța magnetomotoare rezultantă (relația 9) este aproape de valoarea maximă ($\cos 35^\circ = 0{,}82$).

Creșterea unghiului ψ pentru defecte mai apropiate (punctele 4, 5, 6 și 8) este compensată de creșterea corespunzătoare a curentului de scurtcircuit.

e) Pentru toate punctele de scurtcircuit acționează cel puțin releele de pe două dintre faze, deci protecția se poate monta numai pe două faze.

Schema de protecție folosind releul propus se poate realiza în varianta din figura 10 sau cea din figura 11, în cazul cînd se dispune numai de două reductoare de curent. În acest caz, curentul aplicat releului este de 3 ori mai mic decît în cazul precedent și implicit numărul de spire al bobinei de curent va fi de 3 ori mai mare.

Calculul practic a arătat că influența rezistenței liniei poate fi neglijată la determinarea curenţilor I_r şi tensiunilor U_r, care se poate face prin metodele cunoscute.

---

* raportate la tensiunea nominală adusă la bornele releului, respectiv la curentul de scurtcircuit trifazat adus la bornele releului pentru defect franc în punctul considerat.

Determinarea unghiului ψ se va face fie pe baza tabelei din figura 9, fie funcţie de unghiul

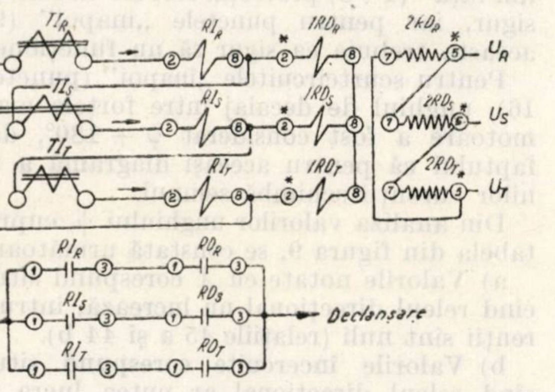


Fig. 10.

de impedanţă al liniei, calculat pe baza parametrilor reali ai liniei.

Verificarea sensibilităţii releului direcţional pentru defecte în zona protejată se face în modul următor :

— Se trasează diagrama curenţilor de scurtcircuit (I_r) (pentru regimul minim energetic în direcţia de lucru şi pentru regimul maxim în sens contrar), precum şi diagrama de variaţie a tensiunii remanente U_r (fig. 12).

— Se determină curentul minim de acţionare a releului direcţional după relaţia (17), precum şi numărul de spire al bobinei de curent după relaţia (19).

De remarcat că diagrama curenţilor şi tensiunilor se referă la mărimile aplicate la bornele releului ; deci, mai ales la stabilirea scării curenţilor, se va ţine seamă de coeficientul de schemă.

— Pentru cîteva puncte, şi în special pentru punctul de scurtcircuit la capătul zonei de protecţie, se determină (cunoscînd U_r şi ψ) valoarea curentului $I_{r\,acţ}$, explicitînd relaţia (9), adică :

$$I_{r\,acţ} = -\frac{\alpha}{\beta}U_r\cos\psi + \sqrt{\frac{\alpha^2}{\beta^2}U_r^2(\cos^2\psi-1)+\frac{F_{acţ}^2}{\beta^2}},$$

unde

$$F_{acţ} = 100 \text{ AS}.$$

— Se trasează diagrama de variaţie a curentului de acţionare $I_{r\,acţ}$, valorile respective găsindu-se sub curba curentului de scurtcircuit real, I_r, astfel ca coeficientul de sensibilitate

$$K_s = \frac{I_r}{I_{r\,acţ}} \geqslant 1{,}5.$$

În caz contrar, protecţia nu este eficace.

5. Din compararea critică a releului propus faţă de releele direcţionale de putere utilizate în prezent, se constată că acesta prezintă următoarele avantaje :

a) Este mai simplu, mai robust şi deci mai sigur în funcţionare.

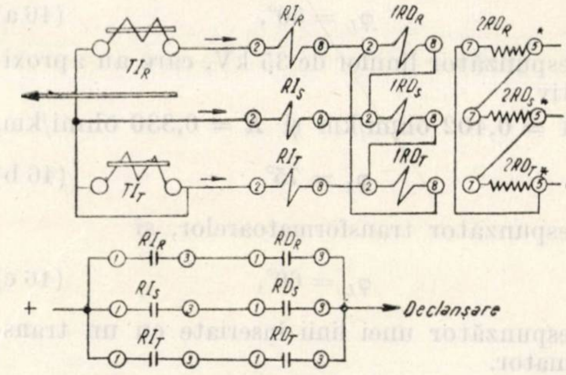


Fig. 11.

b) Este mai ieftin, implicînd o tehnologie de fabricaţie mai simplă.

Preţul de deviz al releului din import IMB 171 este de 3137 lei, în timp ce releul propus costă circa 670 lei.

c) Se poate fabrica uşor în ţară, întrucît partea mecanică şi magnetică, precum şi bobinele

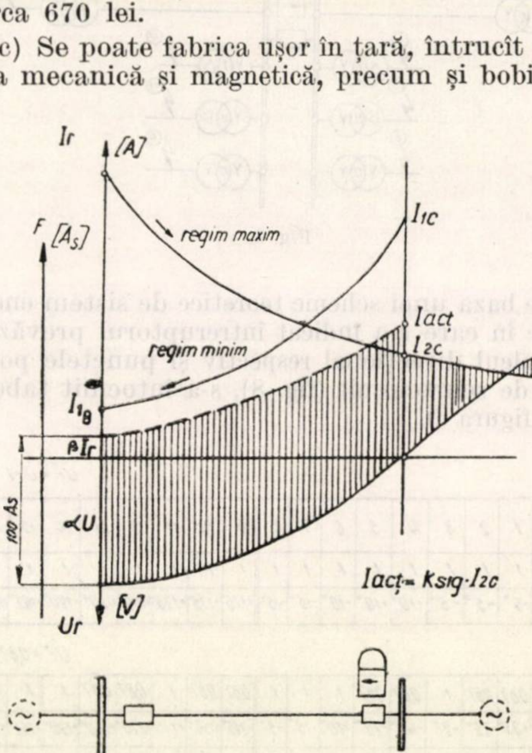


Fig. 12.

de tensiune ale releului RT (fabricat curent în R.P.R.) rămîn neschimbate.

d) Nu are zonă moartă (ca releul cu contact normal deschis), sau zonă de funcţionare intempestivă în „spate" (ca releul cu contact normal închis), întrucît mărimea de acţionare *îşi schimbă brusc valoarea în punctul de montare a releului, fără a trece prin zero* (fig. 12).

Faptul că releele direcţionale uzuale funcţionează pe bază de putere („care trece prin zero") a condus la o sensibilitate exagerată a acestora (complet inutilă în cazul protecţiei prin relee), în scopul reducerii zonei moarte.

Sensibilitatea releului propus este mult redusă faţă de releele de putere existente, însă este la fel de bună cu a releelor maximale de curent, cu care acestea sînt înseriate.

e) Nu funcţionează intempestiv pentru defecte după transformatoare YD.

Dezavantajele releului propus sînt următoarele :

a) Nu poate fi aplicat în cazul oricărei scheme de sistem energetic. Condiţia-limită de aplicare este ca valoarea curentului de scurtcircuit în regim minim ce străbate întreruptorul în sensul de lucru („în faţă") să fie mai mare (cu o margine de siguranţă) decît valoarea curentului de scurtcircuit în regim maxim ce străbate întreruptorul în sens invers. Această condiţie este îndeplinită, practic, în toate cazurile reale.

b) Trebuie montat pe trei faze, în cazul existenţei a numai două reductoare de curent, pentru asigurarea obţinerii curenţilor între faze.

c) Este necesară efectuarea calculului de sensibilitate a funcţionării releului în zona protejată, conform relaţiilor indicate.

În concluzie se poate considera că realizarea releului propus oferă totuşi avantaje substanţiale faţă de releele direcţionale existente.

Din EXPLOATARE

Determinarea debitelor de aer aspirate de ejectorul de vid din condensatorul turbinelor cu abur în funcţiune

Ing. *VLADIMIR NICU*

Turbinele cu abur de construcţie mai veche nu sînt prevăzute cu dispozitive de măsurare a aerului evacuat din condensator. Numai după ce ejectorul de vid se izolează de sistem şi se ridică caracteristica acestuia cu ajutorul unor şaibe calibrate [1]. [2], devine posibilă stabilirea relaţiei între vidul creat în condensatorul turbinei şi debitul de aer evacuat de ejector.

Dispozitivele de măsurat debitul de aer evacuat de ejectorul turbinelor moderne nu au, în general, o precizie suficientă, ele oferind indicaţii cu totul aproximative cu privire la debitele de aer extrase din condensator. Experienţa arată că buna funcţionare a acestor dispozitive depinde de vidul turbinei. Astfel, în cazul murdăririi pronunţate a condensatorului, ceea ce corespunde scăderii corespunzătoare a vidului, dispozitivul de măsurare a aerului evacuat (discul cu orificii calibrate şi manometrul diferenţial), montat pe racordul de evacuare a amestecului abur-aer din ultima treaptă a ejectorului, practic nu funcţionează.

Metoda de calcul propusă

Există o cale uşoară de determinare a debitelor de aer dacă, după măsurători prealabile, se cunosc următoarele :

— volumul condensatorului expus pătrunderilor de aer, V_c, m³;

— curba de scădere în timp a vidului (stabilită cu ocazia probei de etanşeitate a condensatorului), $H_v = f_1(\tau)$, mm col. Hg, în funcţie de durata τ a probei de etanşare;

— curba de creştere în timp a temperaturii aburului la buraj (stabilită simultan cu prima caracteristică), $t_a = f_2(\tau)$, °C;

— variaţia temperaturii aburului la buraj în funcţie de debitul respectiv intrat în condensator (la data cînd s-au stabilit curbele H_v şi t_a), $t_{a_0} = f_3(D_c)$, °C;

— viteza de creştere a presiunii parţiale a aburului în perioada probei de etanşeitate, v_p, ata/min.

Curbele H_v şi t_a se stabilesc la un debit constant de abur, D_c^*, reprezentînd circa 75% din debitul nominal intrat în condensator pe durata probei de etanşeitate.

S-a verificat prin măsurători că debitul de abur la care se execută proba de etanşeitate influenţează neglijabil înclinaţia curbelor H_v şi t_a.

Figura 1 ilustrează curbele H_v şi t_a, experimentale, ale unei turbine de 15 MW.

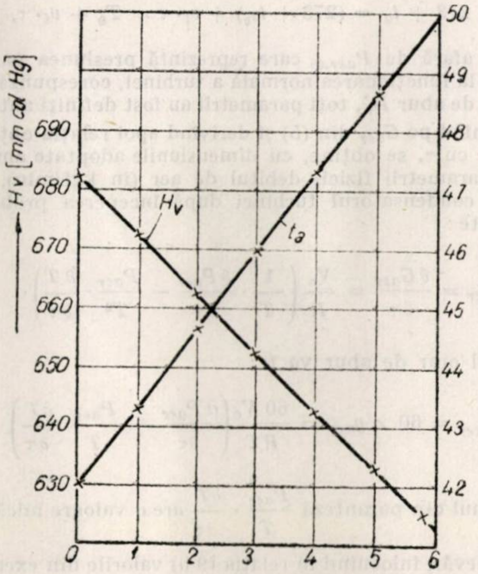


Fig. 1.

După cum se observă, aceste curbe sînt, de fapt, nişte drepte, care se exprimă cu ecuaţiile de forma :

$$H_v = H_{v_0} - v_H \tau \quad \text{[mm col. Hg]}, \tag{1}$$

$$t_a = t_{a_0} + v_t \tau \quad [°\text{C}], \tag{2}$$

unde : H_v, t_a, t_{a_0}, v_H, v_t, τ au fost definiţi anterior.

H_{v_0} este vidul turbinei la funcţionarea normală, corespunzător debitului de abur D_c^*.

Experienţa arată că liniaritatea curbelor H_v şi t_a, pentru un condensator chiar cu o etanşeitate nesatisfăcătoare, se menţine într-un interval $\tau \leqslant 5-6$ min. După acest timp, H_v şi t_a nu mai variază liniar şi devin continuu crescătoare.

Din momentul închiderii vanei de pe conducta de aspiraţie (de la ejector) a aerului din condensator, vidul începe să se strice, conform relaţiei (1), ca urmare a creşterii presiunilor parţiale a aburului şi aerului. Ţinînd seamă de (1), se poate scrie :

$$\Delta P_{abur} + \Delta P_{aer} = \frac{10^4}{735{,}5}(H_{v0} - H_v) = \frac{10^4 \cdot v_H}{735{,}5} \cdot \tau\,[\mathrm{kgf/m^2}] \quad (3)$$

Din (3) rezultă :

$$\Delta P_{aer} = \frac{10^4 \cdot v_H}{735{,}5} \cdot \tau - \Delta P_{abur}\,[\mathrm{kgf/m^2}]. \quad (4)$$

Variaţia presiunii aburului, ΔP_{abur}, se determină în funcţie de temperatura la buraj, cu ajutorul tabelelor de abur.

Pentru cantitatea de aer care se găseşte la un moment dat, după începerea probei de etanşeitate, în spaţiul de vid al condensatorului turbinei, se poate scrie ecuaţia generală :

$$P_{aer} \cdot V_c = G_{aer} \cdot R \cdot T, \quad (5)$$

în care :

P_{aer} este presiunea parţială a aerului, kgf/m² ;
V_c — spaţiul de vid al condensatorului, m³ ;
G_{aer} — cantitatea de aer, kgf ;
R — constanta aerului, kgf·m/kgf.°K ;
T — temperatura absolută a amestecului abur-aer din spaţiul V_c, °K.

În ecuaţia (5), P_{aer} şi T pot fi exprimaţi după cum urmează :

$$P_{aer} = P_{aer,0} + \Delta P_{aer}, \quad (6)$$

$$T = 273 + t_a = (273 + t_{a_0}) + v_t \cdot \tau = T_0 + v_t \cdot \tau, \quad (7)$$

unde, în afară de $P_{aer,0}$, care reprezintă presiunea parţială a aerului la funcţionarea normală a turbinei, corespunzătoare debitului de abur D_c^*, toţi parametrii au fost definiţi anterior.

Exprimînd pe G_{aer} din (5) şi derivînd apoi relaţia obţinută în raport cu τ, se obţine, cu dimensiunile adoptate anterior pentru parametrii fizici, debitul de aer (în kgf/min), care intră în condensatorul turbinei după începerea probei de etanşeitate :

$$g_{aer} = \frac{\partial G_{aer}}{\partial \tau} = \frac{V_c}{R}\left(\frac{1}{T} \cdot \frac{\partial P_{aer}}{\partial \tau} - \frac{P_{aer}}{T^2} \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau}\right). \quad (8)$$

Debitul orar de abur va fi :

$$g'_{aer} = 60 \times g_{aer} = \frac{60\,V_c}{RT}\left(\frac{\partial P_{aer}}{\partial \tau} - \frac{P_{aer}}{T} \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau}\right).$$

Termenul din paranteză $\frac{P_{aer}}{T} \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau}$ are o valoare mică.

Într-adevăr, înlocuind în relaţia (9 b) valorile din exemplu, se obţine :

$$\frac{\partial P_{aer}}{\partial \tau} = 10^4\left(\frac{9{,}83}{735{,}5} - 7{,}01 \cdot 10^{-3}\right) = 63{,}4\ \mathrm{kgf/m^2 \cdot min}.$$

Şi cum :

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{50-42}{6} = 1{,}33\ \mathrm{grd/min}$$

şi $P_{aer,0} = 0{,}015$ kgf/cm², rezultă la 0°C :

$$\frac{P_{aer}}{T} \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{0{,}015 \cdot 10^4}{275} \cdot 1{,}33 = 0{,}73\ \mathrm{kgf/m^2 \cdot min},$$

care reprezintă 1,15% din 63,4 kgf/m²·min. Pentru cazurile extreme, termenul de mai sus nu depăşeşte 3% şi se poate neglija.

În consecinţă, se obţine pentru g'_{aer} expresia simplă :

$$g'_{aer} = \frac{60\,V_c}{RT} \cdot \frac{\partial P_{aer}}{\partial \tau}. \quad (9)$$

Avînd în vedere că

$$\Delta P_{abvr} = 10^4 \cdot v_p \cdot \tau, \quad (9\,a)$$

ca urmare a liniarităţii curbei t_a şi ţinînd seamă de ecuaţia (3), derivata parţială a presiunii aerului se mai poate scrie :

$$\frac{\partial P_{aer}}{\partial \tau} = 10^4\left(\frac{v_H}{735{,}5} - v_p\right) = \mathrm{const.} \quad (9\,b)$$

Înlocuind această expresie şi pe T din (7) în (9), rezultă :

$$g'_{aer} = \frac{60 \cdot 10^4 \cdot V_c}{735{,}5 \cdot R} \times \frac{v_H - 735{,}5 \cdot v_p}{T_0 + v_t \cdot \tau}\ [\mathrm{kgf/h}]. \quad (10)$$

Introducînd în (10) $\tau = 0$, se obţine expresia de calcul al debitului de aer la funcţionarea normală a turbinei :

$$g'_{aer,0} = \frac{K}{273 + t_{a0}}, \quad (11)$$

unde :

$$K = \frac{60 \cdot 10^4 \cdot V_c\,(v_H - 735{,}5 \cdot v_p)}{735{,}5 \cdot R}.$$

Deoarece t_{a_0} depinde de debitul de abur intrat în condensator, expresia (11) permite stabilirea relaţiei dintre debitul de aer şi debitul de abur.

Exemplu numeric

Se dau :

$V_c = 19{,}35$ m³ ;

$v_H = 9{,}83$ mm col. Hg/min (acest parametru rezultă din ecuaţia (1), după ce s-au înlocuit în aceasta valorile obţinute experimental : $H_{v_0} = 682$ mm col. Hg, $H_v = 623$ mm col. Hg, $\tau = 6$ min) ;

$R = 29{,}27$ kgf·m/kgf.°K.

Viteza de creştere a presiunii parţiale a aburului, v_p, se obţine cu expresia (9 a) :

$$v_p = \frac{p_c(t_{a_2}) - p_c(t_{a_1})}{\tau}$$

în care :

p_c este presiunea în condensator, ata, care se obţine cu ajutorul tabelelor de abur, în funcţie de temperaturile de saturaţie de la începutul şi sfîrşitul probei ;
$t_{a_1} = t_{a_0} = 42$ °C — temperatura la buraj la începutul probei de etanşeitate ;
$t_{a_2} = 50$°C — temperatura la buraj la sfîrşitul probei de etanşeitate ;
$\tau = 6$ min — timpul efectiv de probă în care s-a menţinut liniaritatea H_v şi t_a).

Rezultă :

$$v_p = \frac{0{,}1257 - 0{,}0836}{6} = 7{,}01 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{ata/min}.$$

Constanta K este :

$$K = \frac{60 \cdot 10^4 \cdot 19{,}35\,(9{,}83 - 735{,}5 \cdot 7{,}01 \cdot 10^{-3})}{735{,}5 \times 29{,}27} = 2520.$$

Se obţine formula de calcul al debitului de aer :

$$g'_{aer,0} = \frac{2520}{273 + t_{a_0}}.$$

La o temperatură de buraj $t_{a_0} = 35°\text{C}$, debitul de aer extras din condensator va fi :

$$g'_{aer,0} = \frac{2520}{273 + 35} = 8{,}18\ \text{kgf/h}.$$

Concluzii

Metoda expusă permite determinarea debitelor de aer evacuate din condensator la funcţionarea normală (în sarcină) a turbinei fără a fi necesare oprirea turbinei şi montarea de şaibe calibrate pentru efectuarea măsurătorilor în vederea stabilirii relaţiei dintre vidul creat în condensator şi debitul de aer evacuat de ejector.

Bibliografie

Leonida, D. *Funcţionarea economică a condensatoarelor turbinelor cu abur.* Energetica nr. 12, 1958.

Bannik şi Sluceaev. *Montarea turbinelor de abur.* Editura energetică de stat, 1953.

RECENZII

LEDACS KISS, A. Utilizarea energiei eoliene. Müszaki Könyvkíado, Budapesta, 1963, 167 p., 53 fig. şi 27 ref. bibl.

Este semnificativă pentru preocupările din ţara prietenă apariţia în cadrul seriei ,,Uj technika'' (,,Tehnica nouă''), iniţiată de Editura tehnică din Budapesta, a primei lucrări de anvergură în limba maghiară dedicată anemoenergeticii. Cu doi ani în urmă, autorul acestui volum atrăgea atenţia cercurilor de specialitate din străinătate asupra preocupărilor din domeniul anemoenergeticii manifestate în R. P. Ungară, în cadrul Primei conferinţe O.N.U. pentru utilizarea noilor surse de energie de la Roma[*]. Ca autor al proiectului primei centrale electrice eoliene — actualmente în curs de montaj în R. P. Ungară — este firesc ca, alături de cele mai importante domenii ale anemoenergeticii, cunoscutul energetician maghiar să-şi oprească atenţia în mod deosebit asupra problemelor ridicate de studiul, proiectarea şi execuţia centralelor electrice eoliene în general, şi asupra particularităţilor acestei prime centrale în special.

În introducere, autorul face o scurtă prezentare a istoricului dezvoltării anemoenergeticii pe glob şi în R. P. Ungară, subliniind aportul diferitelor foruri din ţara sa la realizarea primei centrale electrice eoliene. După primul capitol, dedicat fizicii energiei vîntului, în capitolul 2 se studiază diferitele tipuri de rotoare eoliene.

Capitolul 3 este consacrat unei ample analize a celor mai importante agregate eoliene realizate în diferite ţări, după care, în capitolul 4, se insistă asupra problemelor speciale ridicate de construcţia centralelor electrice eoliene de ordinul sutelor de kW şi chiar peste 1 MW.

Pentru centrala electrică eoliană în curs de montaj din R. P. Ungară a fost ales un amplasament care beneficiază de un potenţial eolian de 1120 kWh/m^2 şi an. Arborele rotorului, compus din patru pale, cu pas fix şi un diametru exterior de 36,6 m, se găseşte la 35 m deasupra solului. Generatorul asincron, cuplat la rotor, are o turaţie de 1000 rot/min. Prin punerea ,,în drapel'' automată se evită ambalarea rotorului în caz de furtună. Centrala are o funcţionare complet automată şi o producţie medie de 320 000 kWh pe an, la o putere instalată de 200 kW.

Autorul propune o metodologie de calcul în vederea stabilirii parametrilor optimi ai agregatului. Se demonstrează că într-un amplasament cu un potenţial cuprins între 1000 şi 10 000 kWh/m^2 şi an se pot amenaja centrale cu puteri instalate între 208 şi 860 kW, avînd o producţie de 331 000, respectiv 1 190 000 kWh pe an.

Pentru schema propusă de autor se stabileşte o putere instalată limită de 2 470 kW, căreia îi corespunde o producţie de 3 750 000 kWh pe an.

Cel mai important obstacol în calea măririi puterii instalate îl constituie turaţia superioară a generatorului faţă de rotorul la care este cuplat, neajuns ce poate fi eliminat prin utilizarea unor alternatoare sincrone multipolare. Astfel de centrale, echipate cu un alternator multipolar şi avînd un parametru de funcţionare $\lambda = 7$, pot fi executate pentru potenţiale cuprinse între 1000 şi 10 000 kWh/m^2 şi an, cu puteri instalate cuprinse între 240, respectiv 8000 kW, şi o producţie de 302 000, respectiv 9 900 000 kWh pe an.

Rotorul unor asemenea instalaţii ar avea o turaţie cuprinsă între 25 şi 33,3 rot/min, numărul polilor variind între 240 şi, respectiv, 180[*]. Singurul inconvenient îl constituie greutatea alternatorului, care la puterile instalate amintite poate atinge greutăţi importante, de ordinul zecilor de tone.

Capitolul 5 este dedicat agregatelor eoliene de mică şi medie putere, destinate mecanizării şi electrificării agriculturii. Este de subliniat faptul că aceste instalaţii sînt foarte economice, funcţionarea lor nenecesitînd instalaţii de forţă de rezervă — pentru dublare în caz de acalmie — avînd în vedere elasticitatea programării unui mare număr de munci agricole.

Înainte de a analiza, în capitoul 7, funcţionarea în paralel a centralelor electrice eoliene cu sistemul energetic naţional, autorul dă, în cadrul capitolului 6, unele principii fundamentale pentru dimensionarea optimă a agregatelor eoliene de puteri mai mari. Acest aspect al problemei a avut o deosebită importanţă la alegerea parametrilor primei centrale electrice de mare putere proiectată în R. P. Ungară.

În ultimul capitol se face o analiză a eficacităţii economice a instalaţiilor eoliene, stabilindu-se domeniul economic în care centralele electrice eoliene pot intra în competiţie cu alte tipuri de centrale.

Volumul este prezentat într-o formă concisă şi la un nivel superior, traducerea lui în limba romînă fiind de un interes deosebit pentru energeticienii preocupaţi de problemele utilizării resurselor energetice neclasice.

Ing. **D. Bernfeld**

---

[*] Vezi Energetica 11 (1963), nr. 5.

[*] Propuneri în această direcţie au fost făcute şi la noi în ţară, cu prilejul primei consfătuiri naţionale cu tema ,,Utilizarea energiei eoliene'', care a avut loc la Bucureşti în anul 1959 (vezi Energetica 7 (1959), nr. 11).

DOCUMENTARE

Energetică generală

Gheltman, A. E., Budneaţki, D. M. şi Raduis, V. P. : **Alegerea puterii-limită a agregatelor cu un singur arbore.** Elektriceskie stanţii nr. 1, 1963, p. 1–24.

In ultimul timp, în publicaţiile tehnice de specialitate au apărut cîteva articole consacrate fundamentării domeniilor raţionale de alegere şi folosire a turboagregatelor cu un singur arbore şi cu doi arbori. În lucrările publicate nu s-a pus problema stabilirii dependenţei cantitative a puterii-limită (justificată din punct de vedere economic) a turboagregatelor cu un singur arbore şi cu doi arbori de parametrii iniţiali : costul combustibilului şi temperatura anuală medie a apei de răcire. În acest articol, pe baza cercetărilor efectuate de Institutul central de cercetări ştiinţifice pentru cazane şi turbine (TKTI), se prezintă rezultatele care stabilesc această dependenţă. Puterea-limită a unui turboagregat cu un singur arbore, privind datele iniţiale prescrise, se alege astfel încît indicatorii economici globali ai instalaţiei cu un singur arbore să nu fie inferiori celor ai instalaţiei cu doi arbori. O etapă importantă pentru determinarea valorii puterii-limită a turboagregatului o constituie alegerea justificată din punct de vedere economic a caracteristicilor instalaţiei de condensare pentru compararea variantelor instalaţiilor de turbine cu un singur arbore şi cu doi arbori. Se prezintă apoi metoda analitică elaborată de TKTI pentru determinarea caracteristicilor optime ale instalaţiei de condensare. Rezultatele obţinute de autori permit să se tragă următoarele concluzii :

1. În intervalul de variaţie a valorii puterii-limită a turboagregatului cu ±6 %, indicatorii economici ai variantelor examinate ale agregatelor cu un arbore şi cu doi arbori, din punct de vedere practic, sînt echivalente.

2. Studiul arată că turbina cu un singur arbore, cu o putere de 500 MW (lungimea paletei din ultima treaptă a turbinei fiind de 960 mm), are o sferă largă de utilitate. Folosirea turbinelor cu doi arbori a cîte 500 MW poate fi justificată aproximativ numai pentru 20–25 % din centralele electrice. Dacă se ţine seamă de asimilarea posibilă în anii imediat următori a fabricării ultimei trepte cu lungimi pînă la 1050 mm (ceea ce va permite sporirea puterii-limită a agregatelor cu un singur arbore cu 10–12 %), atunci fabricarea turbinelor cu doi arbori a cîte 500 MW este raţională.

3. Pentru orice nivel al puterii unitare a blocului poate fi găsit tipul raţional de construcţie al turboagregatului (cu un arbore sau cu doi arbori) şi numărul de prize din partea de joasă presiune, în funcţie de costul combustibilului, temperatura anuală medie a apei de răcire şi alţi factori tehnico-economici.

4. Puterea-limită justificată din punct de vedere economic a turboagregatului cu un arbore, cu parametrii aburului 240 at şi 580/565°C, la lungimea paletei din ultima treaptă de 960 mm, în intervalul temperaturilor anuale medii ale apei de răcire de 10–15°C, variază între 400 şi 450 MW la combustibilul scump (13 ruble/t.c.c.) şi 700 MW şi chiar mai mult la combustibilul ieftin (3 ruble/t.c.c.).

5. Influenţa valorilor de calcul ale costului combustibilului şi temperaturii anuale medii a apei de răcire asupra valorii puterii-limită a turboagregatelor cu un singur arbore poate fi exprimată în felul următor :

a) La creşterea costului combustibilului convenţional cu 2 ruble pe tonă puterea-limită a turboagregatelor cu un arbore scade cu 12–15 %.

b) La creşterea temperaturii anuale medii a apei de răcire cu 5°C, puterea limită a turbinelor cu un arbore creşte cu aproximativ 10 %.

c.c.

Electroenergetică

Pliugaciov, V. K. **Despre regimul neutrului în reţelele electrice de distribuţie.** Elektricestvo **84**, 1963, nr. 2, p. 62–65.

Izolaţia reţelelor de 6, 10 şi 35 kV poate fi redusă prin trecerea reţelelor de distribuţie la funcţionare cu neutrul pus la pămînt, deoarece în acest regim atît supratensiunile de durată cît şi cele de scurtă durată pot fi reduse. Se reduc astfel gabaritele şi costul transformatoarelor de mică putere ale aparatajului, ale liniilor aeriene şi cablurilor (dispare necesitatea izolaţiei comune la cabluri).

În regim de neutru pus la pămînt apare posibilitatea măririi tensiunii de funcţionare a reţelelor aeriene existente, pînă la de 3 ori. Asemenea treceri sînt interesante de la 6 la 10 kV, de la 10 la 17,3 kV. În ultimul caz, deoarece în scara de tensiuni standardizate apare tensiunea de 20 kV, este mai corect să se treacă de la 10 la 20 kV, cu punerea neutrului la pămînt.

În cazul trecerii de la 10 la 20 kV, tensiunea pe fază devine $\frac{20}{\sqrt{3}} = 11{,}5$ kV, rezerva de rigiditate a izolaţiei, $42/11{,}5 = 3{,}65$, fiind considerată şi în această situaţie suficientă. Aceste consideraţii necesită o verificare practică, care urmează a avea loc în Bielorusia.

La punerea la pămînt a neutrului se creează condiţii avantajoase pentru utilizarea sistemului mixt trifazat-monofazat de distribuţie a energiei, derivaţiile monofazate putînd fi executate cu un singur conductor (întoarcerea prin pămînt), iar transformatoarele realizîndu-se la tensiunea de fază, cu o singură bornă.

Printre dezavantajele punerii la pămînt a neutrului se menţionează mărirea însemnată a curenţilor de scurtcircuit monofazat. Acest dezavantaj poate fi în mare măsură înlăturat prin punerea la pămînt nu a transformatoarelor din staţiile de alimentare, ci a transformatoarelor din posturi (cele de abonat) sau a unei părţi a acestora. Astfel, mărirea curentului de scurtcircuit monofazat va depinde de cantitatea şi puterea transformatoarelor puse la pămînt. Mărimea curentului de scurtcircuit monofazat care străbate transformatoarele puse la pămînt nu depăşeşte în fiecare fază triplul curentului nominal, iar în neutru, de nouă ori acest curent, ceea ce nu provoacă pericole nici din punctul de vedere al stabilităţii termice, nici din punctul de vedere al eforturilor dinamice.

Realizarea în reţelele de distribuţie a deconectării monofazate la scurtcircuite monofazate va permite alimentarea consumatorilor în regim de două faze, asigurînd o sporire a siguranţei funcţionării.

Prin punerea la pămînt a neutrului transformatoarelor consumatorilor poate fi obţinută nu numai limitarea curenţilor de scurtcircuit pînă la valori acceptabile, dar şi mărirea acestora în anumite cazuri pînă la valori corespunzătoare unei funcţionări sigure a protecţiei prin relee.

În reţelele de distribuţie cu neutrul pus la pămînt în multe puncte, în cazul regimurilor de faze incomplete se creează condiţii mai avantajoase pentru funcţionarea consumatorilor decît în reţelele cu neutrul izolat sau pus la pămînt la transformatoarele de alimentare. În această situaţie este posibil să se efectueze secţionarea reţelei cu aparate monofazate fără pericolul alimentării consumatorilor trifazaţi cu curent monofazat.

Influenţele perturbatoare sau periculoase asupra liniilor de curenţi slabi sînt reduse în cazul punerii dispersate la pămînt. Aceasta se explică prin căile multiple de scurgere prin pămînt a curentului, la amplasarea transformatoarelor cu neutrul pus la pămînt, în diverse locuri. Astfel scad curenţii pe fiecare canal şi prin urmare se reduce intensitatea cîmpului magnetic în bucla „conductor-pămînt". În plus, direcţiile diferite ale curenţilor prin pămînt conduc la inducerea de f.e.m. de sens opus în lungul liniei, reducînd astfel influenţa globală.

em. c.

Henkin, A. L. şi Boriu H. B. **Metodă termometrică pentru măsurarea pierderilor locale în transformatoare.** Elektricestvo nr. 5/1963, p. 64.

În articol se face o descriere sumară a metodei termometrice de măsurare a pierderilor şi se analizează erorile ce se pot ivi. Cu ajutorul metodei propuse s-a reuşit să se constate acele locuri în transformatoarele de putere unde, din cauza marilor pierderi locale, cauzate de cîmpurile de dispersie, se pot produce supraîncălziri considerabile.

Metoda termometrică de măsurare a pierderilor locale poate fi folosită cu succes şi pentru studierea pierderilor în elementele constructive ale oricăror maşini electronice.

b. v.

Ignatov, M. şi Lozanov, I. **Regulator automat al factorului de putere.** Elektroenerghiia nr. 1/1963, p. 5.

Articolul descrie regulatorul automat al cos φ, propus de autori. Acesta, cu ajutorul unei scheme cu sensibilitate la defazare, primeşte un semnal care este proporţional cu valoarea unghiului de fază a sistemului de reglaj. După ce este amplificat (pe o singură treaptă), acest semnal este folosit pentru comanda unui releu selector telefonic, care conectează sau deconectează contactoarele bateriilor de condensare.

Sînt expuse principiile cunoscute ale regulatoarelor automate ale energiei reactive : cu momentul cinetic proporţional cu consumul de energie şi putere reactivă, cu un electromer al energiei reactive şi, respectiv, cu un electromotor reversiv, care comandă conectarea şi deconectarea bateriilor de condensatoare, precum şi principiul propus de autori, unde comanda bateriilor de condensatoare se produce printr-un dispozitiv cu impulsuri selective.

Sînt prezentate : schema principială a regulatorului, schema elementelor componente, descrierea funcţionării, schema legăturii regulatorului cu alimentarea reţelei, caracteristicile şi domeniul de aplicare.

b. v.

Termoenergetică

Prokofiev, A. P. şi Moghilevski, G. F. **Experienţa utilizării încălzirii corpului principal al clădirii CET în perioada de punere în funcţiune.** Elektriceskie stanţii nr. 2/1963, p. 79–81.

Pentru executarea lucrărilor de construcţie şi montaj şi pentru asigurarea punerii în funcţiune a centralelor termoelectrice, este necesar ca în corpul principal al centralei să se asigure în perioada de iarnă o temperatură de minimum +10°C.

De obicei, încălzirea se realizează cu instalaţii provizorii de încălzire cu abur sau cu apă fierbinte avînd ca sursă cazane instalate special în acest scop. Aceste sisteme de încălzire sînt costisitoare şi reclamă cantităţi mari de metal. După punerea în funcţiune a centralei, instalaţiile provizorii de încălzire se demontează spre a fi utilizate la alte centrale.

Un sistem mai ieftin de încălzire a centralelor, unde se dispune de gaze naturale fără conţinut de sulf, este folosirea agregatelor de încălzire cu evacuarea produselor de ardere direct în clădirea centralei. Un astfel de agregat cuprinde o cameră de ardere cu arzător de gaze şi un ventilator de aer, care insuflă aerul necesar arderii.

La CET Balanovsk s-a făcut încălzirea corpului principal al clădirii centralei în iarna 1961–1962 utilizînd agregate de încălzire cu gaze naturale de cîte 400 Mcal/h. Aceasta a permis scurtarea timpului de dare în funcţiune şi a adus şi importante economii.

În tabelă se prezintă calculele comparative pentru cazul în care încălzirea s-ar face cu abur dintr-o centrală termică mobilă sau cu agregate de încălzire cu gaze naturale (în mii ruble).

Specificaţie	Încălzire cu agregate de abur tip СТД (centrală termică)	Încălzire cu agregate cu gaze
Investiţii		
Construcţia sistemului de încălzire interioară	14,1	5,7
Cazane mobile (numai amortismentul)	26,9	—
Calea ferată pentru instalarea cazanelor	0,5	—
Conductă de abur de la centrala termică provizorie la corpul principal al CET	0,87	—
Total	42,37	5,7
Cheltuieli de exploatare (pentru perioada de încălzire)		
Cost combustibil	20,9	11,2
Salarii personal de exploatare CT	5,7	—
Salarii personal de exploatare a sistemului de încălzire	2,5	2,6
Cost energie electrică	3,8	—
Cheltuieli directe de exploatare	4,9	2,2
Total	37,8	16,0

Se constată că încălzirea cu agregate cu gaze este mai ieftină ca investiţii cu 36 700 ruble şi cu 21 800 ruble ca cheltuieli de exploatare. Experienţa exploatării a arătat că, respectîndu-se normele de siguranţă, compoziţia aerului corespunde normelor sanitare.

t.n.

Hidroenergetică

Danila, S. I. şi Bagdonavicius, S. P. **UHE Kaunas — prima din cascada de pe rîul Neman.** Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 3, 1963, p. 2–6.

Lucrările la UHE Kaunas au început în 1955, iar primul agregat a fost pus în funcţiune în 1959. Indicii economici ai amenajării sînt : investiţia specifică 242 ruble/kW, preţul de cost al energiei electrice 0,22 copeici/kWh.

Căderea maximă a amenajării este 20 m, iar lungimea transversală a construcţiilor de 2 km.

Construcţia şi darea în exploatare a acestei UHE au avut o mare însemnătate pentru dezvoltarea energeticii R. S. S. Letone. În 1939, puterea totală instalată era de 53,4 MW, iar producţia de energie electrică de 39,5 GWh. În 1962, ponderea UHE Kaunas în balanţa energetică a fost de 30 % ca producţie de energie electrică şi 32 % ca putere de vîrf. În acest an (1962), producţia de energie electrică a UHE Kaunas a fost de 374 GWh.

UHE lucrează în zona de bază a curbelor de sarcină cu o putere de cel puţin 16 MW iarna şi 20 MW vara, pentru asigurarea debitelor sanitare necesare oraşului.

Personalul total de exploatare se ridică la 72 oameni, dintre care 27 ingineri şi tehnicieni, 36 muncitori etc.

a.c.

Pretro, G. A. **Hidrocentrul complex de pe rîul Zeia.** Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 3, 1963, p. 18–23.

Rîul Zeia este un afluent al Amurului, avînd suprafaţa bazinului de recepţie de 232 000 km² şi lungimea de 1 242 km.

Amplitudinea anuală a temperaturilor în zona amenajării este de 90°C, temperaturile minime coborînd pînă la –53°C. Precipitaţiile medii sînt de 516 mm. Debitul mediu în amplasamentul barajului este de 776 m³/s, iar debitul maxim observat a fost de 16 600 m³/s. În cele şase luni de vară se scurg circa 91 % din stocul anual al rîului.

Hidrocentrul este alcătuit dintr-un baraj de pămînt înalt de 113 m cu lungimea la coronament de 705 m şi un volum total de baraj de 13 milioane m³. Centrala este subterană, iar staţia de transformare se prevede să fie realizată la tensiunea de 220—500 kV.

Principalul rol al acestei amenajări este de a reduce debitele maxime, prin atenuarea viiturilor, care în ultimii 10 ani au devenit mai frecvente. Pe cursul inferior al rîului Zeia, debitul cu asigurarea 1 % se va reduce de la 23 500 m^3/s la 16 100 m^3/s. Pentru aceasta, din lacul de acumulare, care va avea o lungime de 300 km şi un volum total de circa 96 miliarde m^3, o parte însemnată va fi utilizată pentru atenuarea viiturilor. Reducerea pagubelor datorită inundaţiilor se apreciază la 6,1 milioane ruble.

Amenajarea Zeia va fi cea mai importantă centrală a sistemului energetic al Amurului, în curs de formare. Din cauza duratei lungi de umplere a lacului (5 ani), instalarea de putere se va face treptat:

Anul	1	2	3	4	5	6
Puterea, în % din cea maximă	23	38	47	55	65	100

a.c.

Banarov, D. şi Bojilov, I. **Automatizarea microcentralelor hidroelectrice ale întreprinderii de stat pentru producerea de energie electrică din Plovdiv.** Elektroenerghiia nr. 1, 1963, p. 22.

Sînt descrise experienţele şi rezultatele obţinute în problema automatizării unor microcentrale electrice. De asemenea, sînt prezentate scheme principiale electrice, de construcţie, mecanice şi de automatizare, ca: schema principială a automaticii pentru cazurile de avarie; schema principială a dispozitivului de frînare automată a turbinei; desenele dispozitivului de închidere automată a aparatului director; a batardoului automatizat; a manometrului diferenţial de nivel minim; a întreruptorului centrifugal etc.

Automatizarea descrisă a permis reducerea personalului de la 30 la 14 persoane şi o reducere corespunzătoare a cheltuielilor de întreţinere. În exploatare, dispozitivele descrise, precum şi complexul experimentat n-au dat loc la avarii.

b.v.

Headland, H. **Amenajarea centralei hidroelectrice cu pompaj Blaenau Ffestiniog.** Journ. I.E.E. 8, nr. 96, dec. 1962, p. 536—539.

Centrala hidroelectrică cu pompaj de la Blaenau Ffestiniog (Anglia) este în curs de echipare cu patru generatoare verticale de 75 MW cu turbine şi pompe pentru o cădere de circa 305 m. Amenajarea conţine două acumulări: una superioară (Llyn Stwlan), cu o capacitate de $1{,}7 \cdot 10^6$ m^3, şi alta inferioară (Tan-y-Grisian). Turbinele sînt de tip Francis cu o rotaţie de 428 ture/min şi o putere de 105 000 CP pentru căderi de 280—310 m. Pompele în două trepte cu acces dublu au un debit de circa 21 m^3/s şi o cădere de circa 305 m şi absorb 93 600 CP. Cuplarea şi decuplarea pompei şi a turbinei se fac printr-un dispozitiv, care este manevrat în stare de repaus în timp de 9 min de la pompaj la generarea de putere, şi 17 min invers. Centrala poate fi încărcată la sarcina nominală în 15 min, iar toate pompele pot fi puse în funcţiune în 30 min. Randamentul global al centralei este evaluat la 72,5 %.

a.r.

Blum, J. P. **Consideraţii asupra turbinelor axiale şi asupra unor realizări actuale.** A.I.M. (Bul. scient. de l'association des ing. electr. sortis de l'Inst. electrot. Montefiore), 1962, nr. 12, p. 1283—1298.

Pentru microcentrale prezintă interes agregatele de tip bulb dispuse în sifon. Se descrie grupul vertical instalat în centrala Winznau, cu puterea de 235 kW, căderea de 5,5 m, debitul de 5 m^3/s şi diametrul rotorului de 1060 mm.

Limita superioară a puterii economice a agregatelor-bulb cu generator asincron se situează în jurul a 800 kW. Între această putere şi pînă la aproximativ 3 000 kW este foarte avantajoasă dispoziţia agregatelor axiale în conductă metalică cu bulbul în amonte. Această dispoziţie combină avantajele hidraulice ale agregatelor axiale orizontale cu posibilităţile de acces ale agregatelor verticale. Un exemplu interesant este dat de grupul de 1 200 kW al UHE Marckolsheim de pe Rin.

Din comparaţia care se face pentru UHE Yvoz-Ramet, care a fost echipată cu trei turbine Kaplan de cîte 3 350 kW, cu căderea de 4,3 m şi debitul de 92 m^3/s, cu soluţia instalării de agregate cu bulb, rezultă net avantajele echipării cu agregate cu bulb.

Pentru puterile mari, turbinele Kaplan verticale sînt comparabile cu cele axiale cu bulb, căci numărul agregatelor axiale care trebuie instalate pentru aceeaşi putere este mai mare faţă de turbinele Kaplan, care prezintă totodată unele avantaje de exploatare.

a.c.

R. de la Grand'Rive şi J. de Verdelhan. **Posibilităţi de lărgire a zonei de utilizare a turbinelor hidraulice în amenajările hidroelectrice.** A.I.M. (Bul. scient. de l'association des ing. electr. sortis de l'inst. electrot. Montefiore), nr. 12, 1962, p. 1321—1335.

Pe baza unor consideraţii tehnice, se arată că agregatele cu bulb sînt indicate pentru utilizare fie la puteri mici (diametrul sub 1,8 m), fie la puteri mari (diametrul peste 3,8 m). În articol se arată diferite posibilităţi de utilizare a agregatelor de mică putere: în sifon (13 grupuri pe rîul La Mayenne), în conductă metalică pentru căderi mai mari (grupurile de pe rîul La Maulde) ş.a.

Din anul 1953, în Franţa s-au pus în funcţiune mai multe agregate cu bulb de dimensiuni mari.

Pentru amenajarea Ronului s-au studiat agregate cu diametrul pînă la 6,70 m, care, sub o cădere de 7,95 m, furnizează o putere de 20 MW. Economiile aduse de aceste agregate reprezintă 15—16 % din costul total al amenajării.

În ultimii ani se constată o creştere a numărului turbinelor Francis pentru căderi mari. Turbina Francis prezintă avantajul unui cost mai redus cu circa 25—45 %, randamentul maxim superior cu 2—3 %, dar randamentul mediu poate avantaja turbinele Pelton.

În Franţa, pentru reducerea costului echipamentului şi duratei de neutilizare a grupurilor în caz de avarie, marile turbine Pelton se realizează cu ax vertical.

În prezent se studiază agregate Pelton de 180 MW, cu şase injectoare şi 375 rot/min.

a.c.

Proiectul celei mai mari uzine hidroelectrice din lume cu acumulare prin pompaj, cu agregate reversibile. Power Engineering, ian. 1963, p. 66.

În S.U.A., se prevede ca în 1966 să intre în funcţiune UHEAP Cornwall cu o putere instalată de 1 350 MW. UHEAP Cornwall este amplasată pe malul rîului Hudson. Lacul superior va fi amenajat într-o depresiune naturală, în vecinătatea rîului, la o înălţime de circa 305 m. Din lacul superior, amenajat cu un dig de pămînt, o galerie verticală, cu diametrul de circa 10,7 m, şi una orizontală, cu acelaşi diametru şi lungă de circa 2 400 m, conduc apa la clădirea centralei, de tip semideschis. Centrala este echipată cu şase agregate reversibile de cîte 225 MW. Din acestea, patru agregate, cu o putere totală de 900 MW, vor fi în funcţiune, furnizînd consumatorilor energie de vîrf, iar două agregate, însumînd o putere de 450 MW, vor fi utilizate ca rezervă turnantă. Centrala va fi legată la sistem printr-o linie electrică la tensiunea de 345 kV.

a.c.

Wessenauer, G. O. **Dezvoltarea multilaterală a bazinului Tennessee (TVA).** Power Engineering, febr. 1963, p. 43—46.

Amenajarea bazinului Tennessee, începută acum 30 de ani, s-a realizat în scopul atenuării viiturilor, navigaţiei şi producţiei de energie electrică. Rîul Tennessee este navigabil pe o lungime de 650 mile, pînă la oraşul Knoxville. În prezent sînt în funcţiune şi în construcţie 41 de uzine hidroelectrice, cu o putere instalată totală de 4 093 860 kW. Pe rîul principal şi pe afluenţi s-au construit 28 de baraje. În afară de dezvoltarea uzinelor hidroelectrice s-au construit şi 10 centrale termoelectrice, cu o putere totală de 8 974 000 kW, iar două CTE, totalizînd 3 200 MW, sînt în execuţie. Printre CTE mai importante se menţionează CTE Kingston, de 1600 MW, şi CTE Paradise, echipată cu două agregate de cîte 650 MW.

a.c.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.181 :822.933.001

Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G. и *Crăciuneanu, C.*: **Стадия и перспективы применения паровых котлов, оснащенных циклонными топками с жидким удалением шлака.**

Освещаются достижения в области конструирования циклонных топок, а также преимущества этого способа горения. После изложения достигнутых в СССР, США и ГФР результатов показана эффективность применения этой системы в РНР.

Energetica 11 (1963), № 10, стр. 497 – 503

ДК 622.933

Antonescu, N.: **Некоторые вопросы расчета и улучшения работы трубчатых топок.**

Проводится графический анализ поведения трубчатых топок с периферической стабилизацией, а именно: форма пламенного фронта и скорость горения. Приведенные формулы проверены экспериментально.

Energetica (11)1963, № 10, стр. 504 – 509

ДК 621.822 :621.89

Iftime, P.: **Теоретические и практические вопросы работы радиальных и опорных подшипников паровых турбин.**

Указаны режимы смазки, установлены уравнения смазки в различных случаях и рассмотрена тория применительно к смазке радиальных и опорных подшипников. Анализируется тепловой режим опорных подшипников.

Energetica (11)1963, № 10, стр. 510 – 519

ДК 621.3.072.6/8

Manea, F., Ionescu, S. и *Nicolae, P.*: **Влияние некоторых параметров и режимов энергетической системы на транзисторные ироцессы регулировки частота—мощность.**

Energetica (11)1963, № 10, стр. 519 – 524

ДК 621.3.009.6.003

Guţu, C., Pelcu, M. и *Soci, A.*: **Расчет экономического эффекта случайных перерывов снабжения электрическим током.**

Предрагается метод расчета убытков в зависимости от продолжительности перерыва в снабжении током. В качестве примера приводится определение характеристики времени перерыва и указываются полученные результаты (размер общих убытков, стоимость непоставленных квч и стоимость минуты перерыва), в ряде конкретных случаев.

Energetica (11)1963, № 10, стр. 525 – 531

ДК 621.316.925

Popescu, St.: **Осуществление поляризационного реле электромагнитного типа путем изменения реле, выпускаемого в РНР.**

Указывается возможность получения поляризационного реле посредством перемотки обычного электромагнитного реле и анализируется поведение при различных дефектах в сети. Отмечается возможность успешного применения подобного реле в сетях.

Energetica (11) 1963, № 10, стр. 531 – 539

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ДК 621.175.001.2

Nicu, Vl.: **Определение дебитов воздуха всасываемого вакуумным распылителем из конденсатора действующих паровых турбин.**

Energetica (11)1963, № 10, стр. 539 – 541

РЕЦЕНЗИИ
ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.181 :662.933.001

Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G. und *Crăciuneanu, C.*: **Entwicklungstand und Aussichten der Zyklonfeuerungs-Dampfkesseln mit flüssiger Schlackenabführung.**

Es werden die mit der Entwicklung der Zyklonfeuerung erzielten Fortschritte dargelegt und unter Hinweis auf die Leistungen der UdSSR, USA und BRD auf diesem Gebiet, die durch Einführung dieser Feuerungsart zu erwartenden Erfolge in der Energiewirtschaft des Landes untersucht.

Energetica, 11(1963), H. 10, S. 497 – 503

DK 662.933

Antonescu, N.: **Über die Berechnung von Rohrfeuerungen und Verbesserung ihrer Fahrbedingungen.**

Analytische und graphische Untersuchung des Verhaltens von Rohrfeuerungen mit peripherischer Stabilisierung und zwar in Bezug auf Form der Flammenfront und die Brenngeschwindigkeit. Die Formeln werden mit experimentall erzielten Ergebnissen nachgeprüft.

Energetica 11(1963), H. 10, S. 504 – 509

DK 621.822 :621.89

Iftime, P.: **Theoretische und praktische Betrachtungen zum Lauf radialer und axialer Gleitlager von Dampfturbinen.**

Darlegung der Schmierverhältnisse und der Schmiergleichungen in verschiedenen Fällen und Anwendung der Theorie auf die Schmierung radialer und axialer Lager, Untersuchung des thermischen Verhaltens von Axiallagern.

Energetica 11(1963), H. 10, S. 510 – 519

DK 621.3.072.6/8

Manea, F., Ionescu, S. und *Nicolae, P.*: **Der Einfluss einiger Parameter un Betriebszustände von Verbundnetzen auf transitorische Vorgänge der Frequenz Leistungs-Regelung.**

Energetica 11(1963), H. 10, S. 519 – 524

DK 621.3.004.6.003

Guţu, C., Pelcu, M. und *Soci, A.*: **Berechnung der wirtschaftlichen Wirkungen zufälliger Unterbrechungen der Stromlieferung.**

Es wird ein Berechnungsverfahren für die durch Unterbrechung der Stromlieferung entstehenden Verluste auf Grundlage der Dauer der Störungen dargelegt. Die Bestimmung der Zeitkarakteristik der Störung wird beispielsweise erläutert und die Ergebnisse, wie Gesamtbetrag der Verluste, Kosten nichtgelieferter Energie und zeitliche Kosten der Störung werden aufgezeigt.

Energetica 11(1963), H. 10, S. 525 – 531

DK 621.316.925

Popescu, St.: **Aus einem elektromagnetischem Relais serienmässiger Erzeugung hergestellter Richtungsrelais.**

Es wird die Möglichkeit der Herstellung eines Richtungsrelais durch Neuwicklung serienmässiger elektromagnetischer Relais inländischer Erzeugung dargelegt und deren Verhalten bei verschiedenen Netzstörungen untersucht.

Energetica 11(1963), H. 10, S. 531 – 539

AUS DEM BETRIEB

DK 621.175.001.2

Nicu, Vl.: **Bestimmung der von Vakuumstrahlsaugern aus in Betrieb befindlichen Kondensatoren aufsgesogenen Luftmengen.**

Energetica, 11 (1963), H. 10, S. 539 – 541

BUCHBESPRECHUNGEN
DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.181 :662.933.001

Pănoiu N., Carabogdan, I., Singer, G. et *Crăciuneanu, C.*: **Le stade actuel et les perspectives des chaudières à vapeur à foyer-cyclône et évacuation liquide des scories.**

Après avoir indiqué les progrès des foyers-cylône, les avantages de ce système de combustion et les performances obtenues dans l'Union Soviétique, les Etats Unis et l'Allemagne Fédérale, les auteurs montrent l'efficacité de l'application de ce système en Roumanie.

Energetica 11(1963), no. 10, p. 497–503

CD 662.933

Antonescu, N. : **Quelques aspects du calcul et de l'amélioration du fonctionnement des foyers tubulaires.**

L'auteur examine par un calcul analytique et graphique le comportement des foyers tubulaires á stabilisation périphérique, c'est-à-dire la forme du front de la flamme et la vitesse de combustion. Les formules sont vérifiées par des résultats obtenus à la suite d'expériences.

Energetica 11(1963), no. 10, p. 504–509

CD 621.822 :621.89

Iftime, P. : **Quelques aspects théoriques et pratiques du fonctionnement des paliers radiaux et axiaux à glissement des turbines à vapeur.**

On présente les régimes de lubrification et les équations de lubrification pour différents cas. En continuation on applique la théorie à la lubrification des paliers radiaux et axiaux. On analyse ensuite le régime thermique des paliers axiaux.

Energetica 11(1963), 10, p. 510–519

CD 621.3.072.6/8

Manea, F., Ionescu, S. et *Nicolae, P.* : **L'influence que certains paramètres et régimes des systèmes énergetiques exercent sur les procès transitoires de règlage fréquence-puissance.**

Energetica 11(1963), no. 10, p. 519–524

CD 621.3.004.6.003

Guțu, P., Petcu, M. et *Soci, A.* : **Le calcul des effets économiques des interruptions électriques accidentelles.**

Une méthode de calcul des dommages fonction de la durée de l'interruption électrique est exposée dans cet article. Des exemples sont donnés pour déterminer la caractéristique de temps des interruptions et les résultats obtenus (valeur totale des dommages, coût des kWh non-livrées et coût de la minute d'interruption) sont indiqués pour quelques cas concrets.

Energetica 11 (1963), no. 10, p. 525–531

CD 621.316.925

Popescu, St. : **Relais directionnel de type électromagnétique obtenu par la modification d'un relais de tension de fabrication courante en Roumanie.**

Un relais directionnel a été réalisé par le rebobinage d'un relais électromagnétique de type courant. On analyse le comportement du relais directionnel pour des défauts divers dans le réseau et on constate qu'il peut être utilisé avec de bons résultats.

Energetica, 11 (1963), no. 10, p. 531–539

DE L'EXPLOITATION

CD 621.175.001.2

Nicu, Vl. : **Détermination des débits d'air aspiré par l'éjection de vide du condensateur des turbines à vapeur en marche**

Energetica 11(1963), no. 10, p. 539–541

COMPTES-RENDUS
DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.181.662.933.001

Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G. and *Crăciuneanu, C.* : **Present stage and prospects of steam boilers with cyclone furnaces and liquid slag removal.**

After mentioning the progress of cyclone furnaces, the advantages of this combustion system as well as performances obtained in the USSR, USA and Federal Germany, the authors present the efficient application of this type in Rumania.

Energetica 11 (1963), no. 10, p. 497–503

DC.662.933

Antonescu, N. : **Some aspects of the calculation and the improvement of tubular furnace operation.**

The behaviour tubular furnaces with periphery stabilisation, mainly the flame shape and the combustion rate, are investigated by analytic and graphic methods. Formules are checked with results obtained by experiments.

Energetica 11 (1963), no. 10, p. 504–509

DC 621.822 :621.89

Iftime, P. : **Theoretic and practic aspects of radial and axial slide bearing running of the steam turbines.**

Lubricating conditions, lubrication equations for various cases and application of the theory to the lubrication of radial and axial bearings are resumed by the author in this article. The thermal conditions of axial bearings are also discussed.

Energetica 11(1963), no. 10, p. 510–519

DC 621.3.072.6/8

Manea, F., Ionescu, S. and *Nicolae, P.*: **Influence exerted by some parameters and system operating conditions upon transient frequency-power control processes**

Energetica 11(1963), no. 10, p. 519–524

DC 621.3.004.6.003

Guțu, C., Petcu, M. and *Soci, A.* : **The calculation of economic consequence of electrical supply accidental interruptions.**

The authors present a method for the calculation of damages function of the time of electricity supply interruption. Examples are given for determining the time characteristic of interruptions and the results obtained are mentioned for some concrete cases (total damage value, cost of undelivered kWh and cost of one minute of interruption).

Energetica, 11(1963), no. 10, p. 525–531

DC 621.316.925

Popescu, St. : **Directional relay of electromagnetic type obtained by modifying a relay currently built in Rumania.**

Report on directional relays constructed by rewinding ordinary electromagnetic relays. The behaviour of this directional relay at various faults in the network is investigated and the author shows that it can be successfully used in networks.

Energetica 11(1963), no. 10, p. 531–539

FROM THE EXPLOITATION

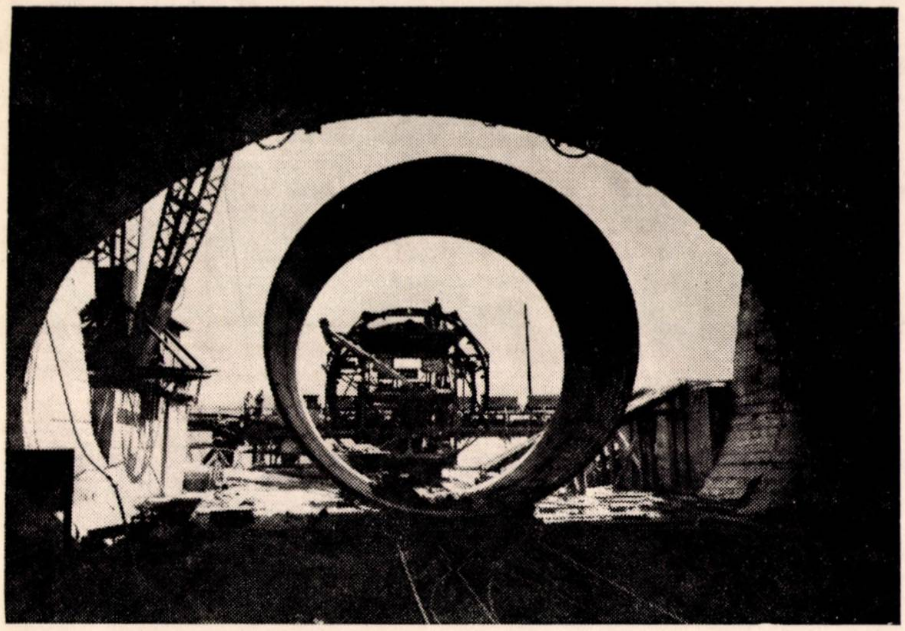
DC 621.175.001.2

Nicu, Vl. : **Determination of air flows absorbed by the vacuum ejector of the condenser of a running steam turbine.**

Energetica 11(1963), no. 10, p. 539–541

REVIEWS
DOCUMENTATION

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
133

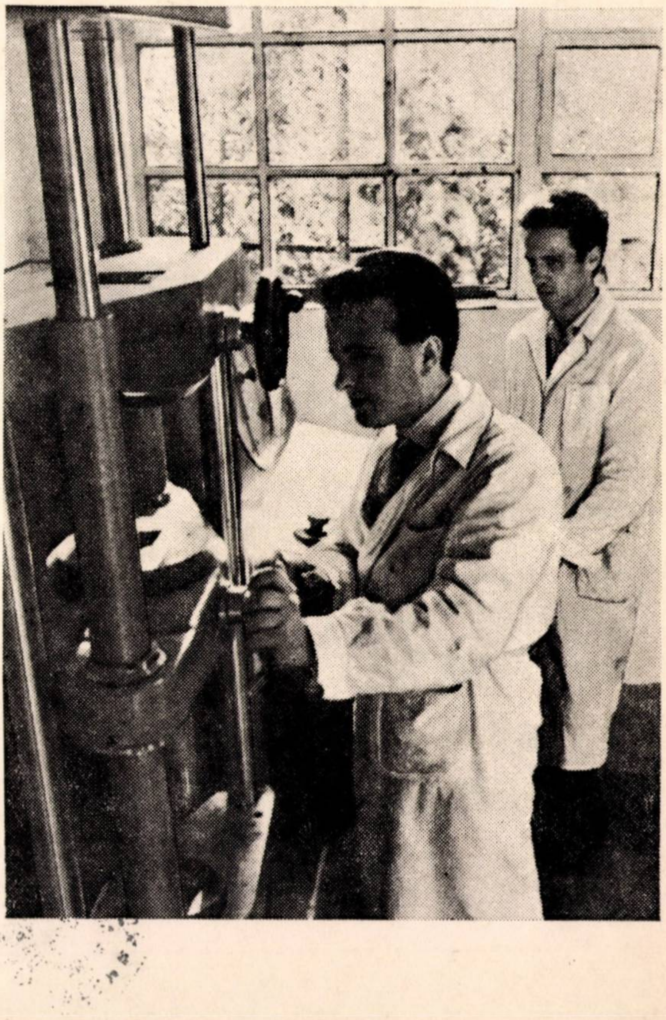


IMCE

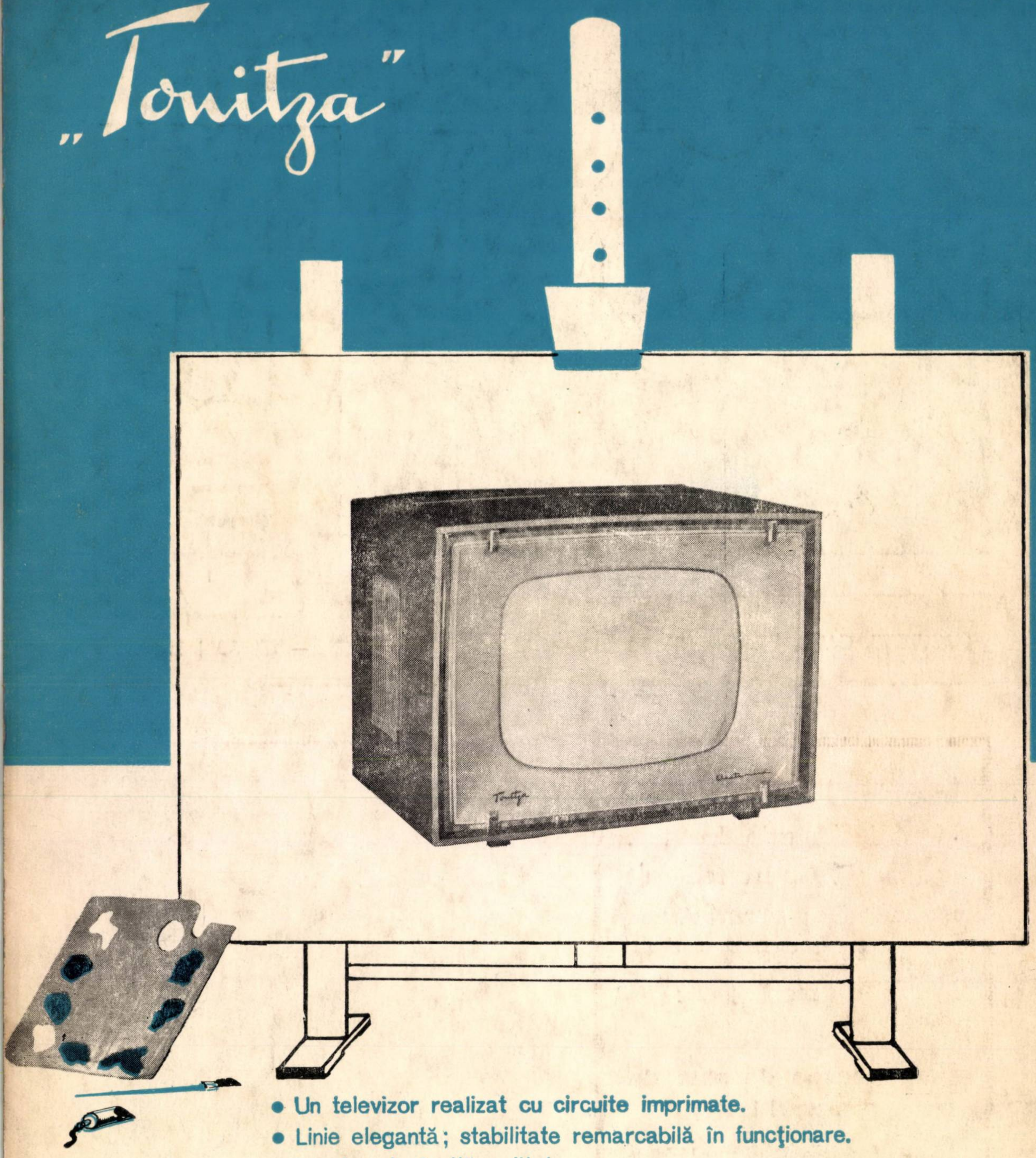
BUCUREŞTI, CALEA DOROBANŢILOR 105 — RAIONUL 30 DECEMBRIE — TELEFON 11.14.10

În cadrul Întreprinderii de Montaje Centrale Electrice, inginerii, tehnicienii şi muncitorii au posibilitatea de a se specializa în lucrări de montaj de:

- **cazane de abur de parametri înalţi;**
- **turbine de abur şi hidro de variate tipuri;**
- **motoare Diesel stabile;**
- **instalaţii electrice pînă la 400 000 V.**



„Tonitza"



- Un televizor realizat cu circuite imprimate.
- Linie elegantă; stabilitate remarcabilă în funcţionare.
- Imagine de înaltă calitate.
- Comutator de canale cu 12 poziţii.
- Diagonala ecranului de 43 cm.
- 16 tuburi electronice + 2 diode cu germaniu + 2 diode cu seleniu.
- Tensiunile de alimentare: 120 V şi 220 V.

PRODUS DE UZINELE

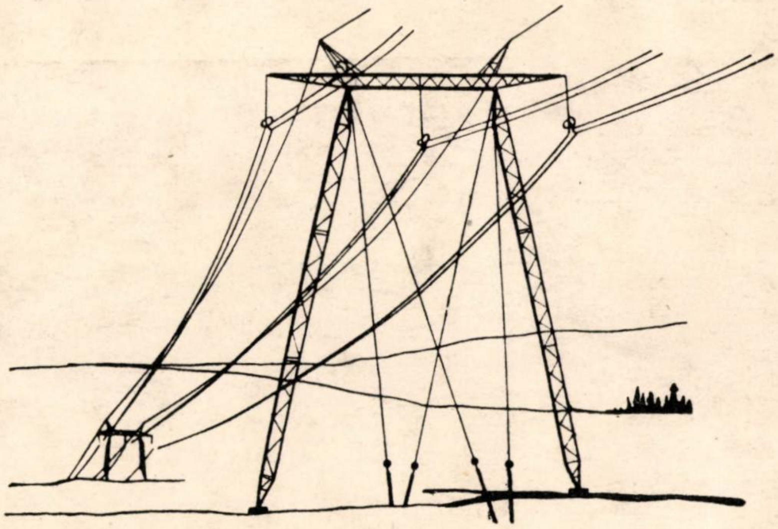
Electronica

E2039

1.81

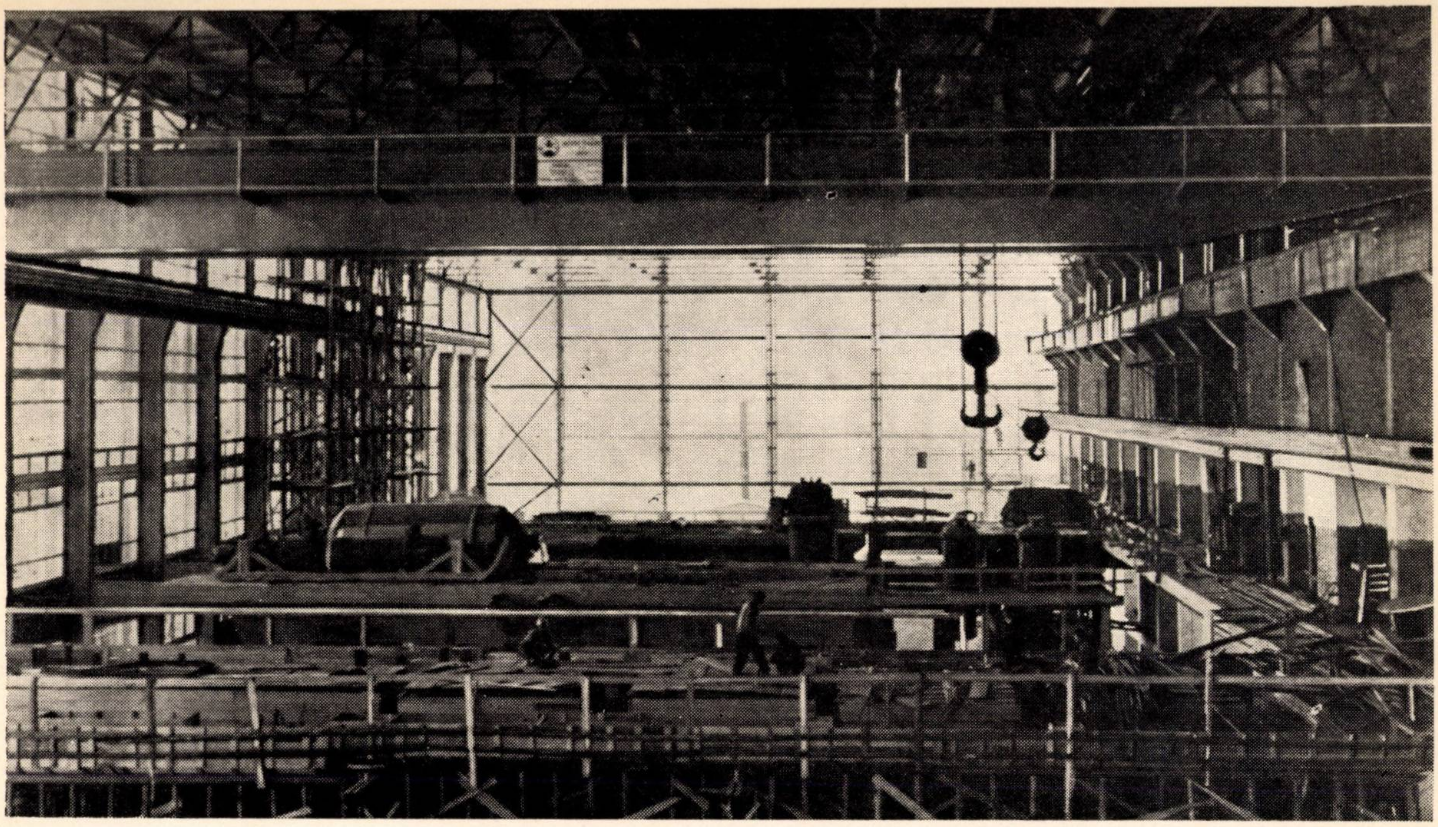
ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 11 ★ ENERGETICA



11

BUCUREȘTI ★ NOIEMBRIE ★ 1963



TCME

**TRUSTUL DE CONSTRUCȚII
ȘI MONTAJE ENERGETICE**

Execută prin unitățile sale de construcții și montaj:

- Centrale termoelectrice și de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Stații electrice și posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuție.
- Electrificări rurale

Produce prin unitățile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionați.
- Celule și panouri pentru centrale și stații electrice.
- Posturi de transformare urbane și rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, stații, posturi de transformare și linii electrice de transport și distribuție.

BUCUREȘTI, CALEA MOȘILOR 158 — TELEFON 16.63.30

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 11 NOIEMBRIE 1963

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1963

CUPRINS

Gh. Opriş **Stadiul actual de dezvoltare a agregatelor pentru uzine hidroelectrice de acumulare prin pompaj** 545–553

R. Dragomir **Cu privire la fenomenele de luat în considerare la exploatarea agregatelor energetice cu temperaturi de lucru ridicate** 554–557

Fr. Schlotter **Posibilităţi de îmbunătăţire a randamentului la unele tipuri de turbine cu abur** 558–561

N. Boboescu **Determinarea caracteristicilor de lucru ale unor ventile de reglare monoscaun cu difuzor pentru turbine cu abur** 561–567

G. Moraite **Probleme privind reglajul şi selectivitatea protecţiei de distanţă a liniilor cu derivaţii** 568–577

Gh. Colţ, M. Ghica şi *M. Voinea* **Corectarea cotei de consum de căldură pentru apa caldă menajeră şi igienico-sanitară în regim de termoficare urbană** 577–579

H. Segall **Celule pentru măsurarea pierderilor dielectrice ale uleiurilor de transformator** 579–584

IN AJUTORUL EXPLOATĂRII

R. László şi *T. László* **Despre unele metode noi de reanimare a electrocutaţilor** 585–587

ENERGETICA PESTE HOTARE

C. Dinulescu **Comportarea agregatelor energetice în regim tranzitoriu de sarcină** 588–589

RECENZII

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. ing. I. D. STANCESCU, redactor responsabil, conf. ing. C. MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. I. A. BADEA, acad. prof. ing. M. BERCOVICI, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. M. COGĂLNICEANU, conf. ing. E. CONSTANTINESCU, ing. P. DIMO, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, prof. ing. C. DINCULESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. I. V. HERESCU, conf. ing. N. MOLDOVEANU, prof. ing. C. PENESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. T. POPA, ing. S. SĂNDULESCU şi ing. P. VICOL

Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R (CNIT). Redacţia · Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie, Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN" — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAŢIA", — Bucureşti c. 4132

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 560/11967/1962

41 401

**MUNCITORI
TEHNICIENI
INGINERI —**

Editura tehnică publică cărți tehnice în următoarele domenii ale tehnicii și științelor aplicate: metalurgie, construcții de mașini și utilaje, energetică, electrotehnică, automatică, electronică industrială, radio, televiziune, telecomunicații cu fir, chimie, industrie chimică, geologie, mine, petrol și gaze, construcții, materiale de construcții, instalații, industria lemnului, industrie ușoară, industrie alimentară, transporturi, matematică, fizică, dicționare-lexicoane, arhitectură.

Cărțile apărute în Editura tehnică se pot procura:

- DIN LIBRĂRIILE DE LA ORAȘE ȘI SATE;
- PRIN MAGAZINELE COOPERAȚIEI DE CONSUM;
- PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN ÎNTREPRINDERI ȘI INSTITUȚII;
- PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN COMUNE ȘI SATE.

PENTRU A CONTRIBUI LA ÎMBUNĂTĂȚIREA ACTIVITĂȚII EDITORIALE CU PRIVIRE LA LITERATURA TEHNICĂ, TRIMITEȚI OBSERVAȚIILE ȘI PROPUNERILE DVS. LA:

EDITURA TEHNICA

Str. ȘTIRBEI VODĂ Nr. 37
RAIONUL „16 FEBRUARIE"
BUCUREȘTI

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ANUL II
1963
Nr. 11
NOIEMBRIE

Stadiul actual de dezvoltare a agregatelor pentru uzine hidroelectrice de acumulare prin pompaj [*]

Ing. *GH. OPRIŞ*

Uzinele hidroelectrice de acumulare prin pompaj, sub denumirea de „transformatoare hidroenergetice'' (THE), au fost studiate pentru prima oară la noi în ţară de prof. dr. ing. Dorin Pavel, care, în numeroasele sale publicaţii, a tratat aspectele teoretice şi practice legate de realizarea acestor amenajări, indicînd totodată şi posibilităţile de realizare din ţara noastră.

Studiul de faţă reia, în lumina realizărilor ulterioare, analiza efectuată în 1959 de prof. dr. ing. Dorin Pavel [**], încercînd totodată să desprindă tendinţele actuale.

*

Alegerea echipamentului pentru o uzină hidroelectrică de acumulare prin pompaj (UHEAP) implică o răspundere mărită în raport cu uzinele gravitaţionale, prin faptul că ponderea echipamentului în investiţia totală a unei UHEAP este mai mare decît la UHE gravitaţionale. Este cunoscut că UHEAP se realizează, din considerente economice, numai acolo unde sînt condiţii naturale sau speciale deosebit de avantajoase, care să conducă la investiţii minime. Pe de altă parte, agregatele UHEAP sînt mai complicate, şi deci mai scumpe, deoarece necesită, de regulă, trei maşini (turbina, pompa şi maşina electrică). Reducerea relativă a investiţiilor în partea de construcţie şi creşterea relativă a investiţiei în echipament conduc la o pondere însemnată a costului echipamentului, şi anume de la 25 pînă la 40% din costul total, faţă de 10 pînă la 25% la uzinele gravitaţionale.

În prezent, agregatele de acumulare prin pompaj sînt constituite din trei sau două maşini. La început s-a utilizat soluţia cu patru maşini, formînd două agregate separate, şi anume : turbina hidraulică, cu generatorul pe un ax comun, şi pompa de acumulare, cu motorul electric de acţionare pe un alt ax comun. Prin utilizarea unei maşini electrice reversibile funcţionînd ca generator electric într-un sens de rotaţie şi ca motor electric în celălalt sens, s-a adus o simplificare hotărîtoare, ceea ce a permis ca agregatele de acumulare prin pompaj să fie alcătuite numai din trei maşini, situate pe un ax comun, şi anume : maşina electrică sau motor-generatorul electric, turbina de apă şi pompa de acumulare. O dată cu punerea la punct a maşinii hidraulice reversibile, denumită şi turbină-pompă, care funcţionează ca turbină într-un sens de rotaţie şi ca pompă în celălalt sens, realizîndu-se astfel şi pe partea hidraulică reversibilitatea de pe partea electrică, agregatul de acumulare prin pompaj se reduce la două maşini : maşina electrică reversibilă (motor-generatorul electric) şi maşina hidraulică reversibilă (turbina-pompă sau „pompa-turbină). Datorită faptului că în agregatele cu trei maşini turbina constituie o unitate separată de pompă, iar în cele cu două maşini este combinată în aceeaşi unitate cu pompa, agregatele cu trei maşini se mai numesc şi agregate cu maşini (unităţi) separate, iar cele cu două maşini, agregate cu maşini (unităţi) combinate.

1. Domeniile de utilizare a maşinilor hidraulice pentru UHEAP

În figura 1 sînt reproduse, după [2], domeniile de utilizare a maşinilor hidraulice care se pot executa în prezent pentru uzine de acumulare prin pompaj.

În domeniul turbinelor de apă folosite pentru agregatele de acumulare prin pompaj sînt de făcut următoarele observaţii :

Turbina Kaplan are o utilizare foarte restrînsă în uzinele de acumulare prin pompaj, deoarece, pe de o parte, în domeniul căderilor joase, din considerente economice, astfel de uzine se realizează cu totul excepţional, iar pe de altă parte acest domeniu de căderi este foarte bine acoperit de maşinile hidraulice reversibile, a căror utilizare se impune pentru a reduce costul şi aşa destul de ridicat al UHEAP de joasă cădere.

Cea mai răspîndită turbină de apă întîlnită la UHEAP este turbina Francis, deoarece în domeniul ei de utilizare (60 la 600 m) este cuprinsă marea majoritate a unor astfel de uzine. Se poate afirma că UHEAP impun utilizarea turbinelor Francis chiar şi în domeniile de căderi care se suprapun cu ale tipurilor învecinate : Kaplan la limita de jos (60 la 100 m) şi Pelton la limita de sus (500 la 700 m). Nu întîmplător turbinele Francis cu cele mai mari căderi de funcţionare se întîlnesc la UHEAP (căderea maximă atinsă pînă în prezent este de 610 m). Considerentul principal pentru împingerea turbinei Francis către căderi din ce în ce mai mari este în cazul UHEAP acelaşi ca şi la UHE gravitaţionale : reducerea costului agregatului şi clădirii centralei datorită turaţiei mai mari a agregatului şi gabaritelor mai reduse. În afară de aceasta, trebuie amintit că pompele de acumulare necesită înălţimi de aspiraţie mai mari decît turbinele de apă şi de cele mai multe ori este necesar să se asigure contrapresiuni pe aspiraţie de 10—15 m şi mai mult, deoarece condiţiile de cavitaţie la pompe sînt mai nefavorabile decît la turbine. Cum turbina Pelton trebuie amplasată deasupra nivelului aval, în cazul UHEAP aceasta ar duce la înălţimi prea mari ale agregatului (soluţia cu ax vertical fiind singura posibilă), şi deci la dimensiuni mari ale centralei, ceea ce ar scumpi instalaţia. Evitarea măririi înălţimii agregatului se poate face introducînd pompe înaintaşe pe aspiraţie, soluţie aplicată la unele uzine, însă acestea scumpesc şi complică instalaţia. La împingerea turbinei Francis către căderi din ce în ce mai mari au contribuit şi cercetările întreprinse pentru realizarea unor maşini reversibile la căderi foarte mari, şi, cum turbina Pelton nu poate fi din principiu reversibilă, singura posibilitate o oferă turbina Francis. În prezent căderea maximă realizată este de 610 m, şi se pare că peste 650 m nu se poate merge cu turbina Francis într-o treaptă. De aceea se fac cercetări pentru a depăşi această limită cu turbine Francis în două sau mai multe trepte. Soluția cu turbine Francis în trepte, însă la căderi mai mici, s-a aplicat la unele uzine. Astfel cităm o turbină cu următorii parametri : $H = 275$ m, $Q = 0{,}45$ m^3/s și $P = 1340$ CP. Turbina este constituită din două trepte în serie, fiecare treaptă dispusă în carcasă separată, ambele trepte fiind pe același ax. Pentru a asigura contrapresiunea necesară pe aspirație este prevăzută o pompă înaintașă la intrarea în prima treaptă.

---

[*] Articolul reprezintă forma extinsă a referatului, cu acelaşi titlu, ţinut la cea de-a III-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice — martie 1963.

[**] „Energetica'' nr. 11/1959, p. 457.

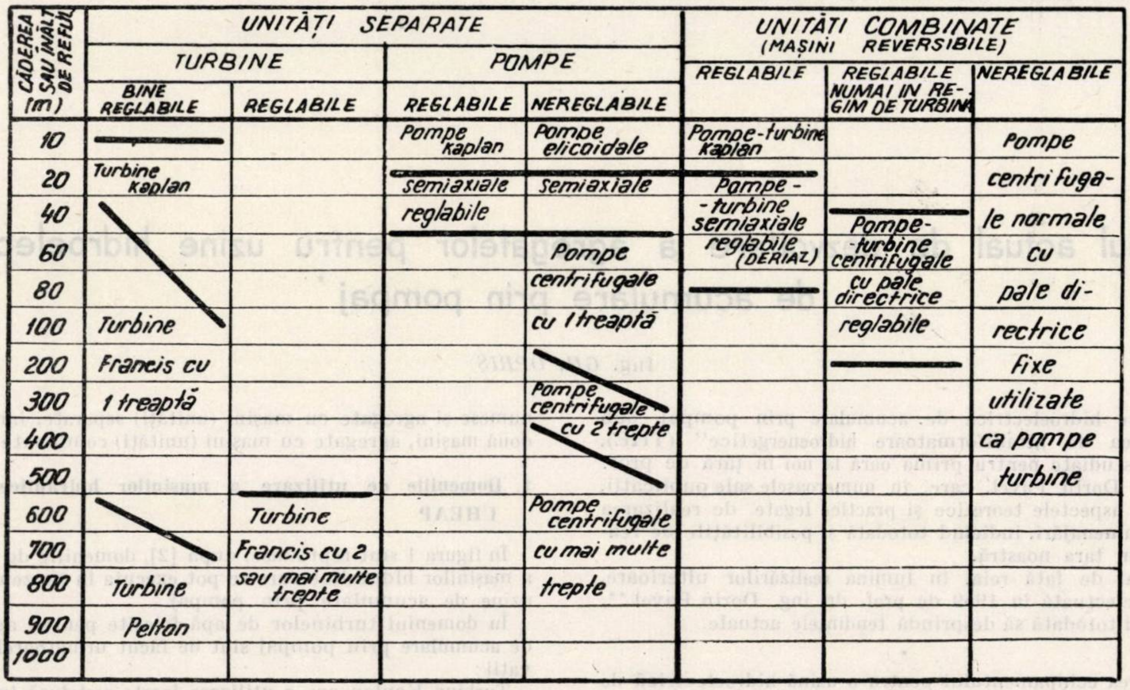

CĂDEREA SAU ÎNĂLȚ. DE REFUL. (m)
UNITĂȚI SEPARATE
TURBINE
POMPE
BINE REGLABILE
REGLABILE
REGLABILE
NEREGLABILE
UNITĂȚI COMBINATE (MAȘINI REVERSIBILE)
REGLABILE
REGLABILE NUMAI IN REGIM DE TURBINĂ
NEREGLABILE
10
20
40
60
80
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Turbine Kaplan
Turbine Francis cu 1 treaptă
Turbine Pelton
Turbine Francis cu 2 sau mai multe trepte
Pompe Kaplan
semiaxiale reglabile
Pompe elicoidale
semiaxiale
Pompe centrifugale cu 1 treaptă
Pompe centrifugale cu 2 trepte
Pompe centrifugale cu mai multe trepte
Pompe-turbine Kaplan
Pompe-turbine semiaxiale reglabile (DERIAZ)
Pompe-turbine centrifugale cu pale directrice reglabile
Pompe centrifugale normale cu pale directrice fixe utilizate ca pompe turbine

Fig. 1. Domeniul de căderi al diferitelor mașini hidraulice care se pot executa astăzi pentru uzine hidroelectrice de acumulare prin pompaj.

De asemenea s-a realizat o pompă de acumulare cu dublu flux și trei trepte, cu următoarele caracteristici :

— înălțimea de refulare	400 m ;
— debitul	2 m^3/s ;
— turația	1000 rot/min.

Încercările efectuate pe model și pe prototipul acestei pompe au arătat că pompa poate funcționa și ca turbină, ceea ce a constituit un impuls pentru a cerceta posibilitatea reversibilității și a altor pompe cu mai multe trepte.

La limita de jos a domeniului de utilizare a turbinei Francis, care se suprapune cu domeniul turbinei Kaplan, o serie de realizări arată că se preferă turbina Francis. Aici considerentele economice sînt mai puțin evidente. Deși turbina Kaplan conduce la turații mai mari ale agregatului, ceea ce ieftinește mașina electrică și reduce gabaritele acesteia, ea este însă o mașină mai scumpă decît turbina Francis și necesită înălțimi de aspirație mai mici și deci fundații mai adînci. La aceasta se mai adaugă faptul că turbina Kaplan nu se pretează la dispoziția orizontală, care este cea mai preferată, după cum se va vedea mai jos, și este o mașină mai complicată, ceea ce nu se recomandă la un agregat de acumulare prin pompaj, care prin el însuși reprezintă o instalație complicată. Independent de aceste considerente, hotărîtor pentru alegerea turației este pompa, și deci, chiar dacă prin adoptarea unei turbine Kaplan teoretic ar rezulta o turație mai mare, adeseori pompa impune o turație mai redusă și astfel avantajul tipului Kaplan nu poate fi valorificat.

Astfel se explică de ce la peste 95 % din UHEAP construite, prevăzute cu agregate cu trei mașini, sînt utilizate exclusiv turbine Francis. Turbina Pelton rămîne deocamdată singura posibilitate pentru căderi foarte mari și ea acoperă restul de aproape 5 %.

În domeniul pompelor de acumulare există o varietate mai mare de tipuri de mașini, și anume :

— pompe reglabile : pompe Kaplan și pompe semiaxiale reglabile ;

— pompe nereglabile : pompe elicoidale, pompe semiaxiale, pompe centrifugale cu una sau mai multe trepte, cu unul sau două fluxuri.

Domeniile lor de utilizare sînt indicate în figura 1. Dintre acestea, cele mai utilizate la UHEAP sînt pompele centrifugale, care vor fi tratate separat la punctul 2. Foarte rar și aproape exclusiv, ca pompe înaintașe sînt folosite pompele Kaplan sau elicoidale. În schimb, aceste pompe sînt foarte larg folosite în stațiile de pompe pentru alte nevoi (irigații, alimentări cu apă, desecări etc.).

Trecînd la mașinile reversibile (turbine-pompe), distingem următoarele tipuri :

— mașini reversibile reglabile : turbinele-pompe tip Kaplan și turbinele-pompe semiaxiale reglabile tip Deriaz ,

— mașini reversibile reglabile numai în regim de turbină : turbinele-pompe centrifugale cu pale reglabile ;

— mașini reversibile nereglabile : pompele centrifugale normale cu pale fixe, utilizate ca turbine-pompe.

Domeniile de utilizare a acestor mașini se suprapun în gama căderilor joase și medii. Astfel, în gama de căderi de la 40 la 80 m pot fi luate în considerare aproape toate tipurile de mașini reversibile. Cu toate acestea, se constată că tipul Deriaz tinde să înlocuiască celelalte tipuri datorită multiplelor avantaje pe care le oferă. În domeniul căderilor mari și foarte mari, singurul tip posibil de realizat este mașina reversibilă de tip centrifugal cu pale fixe sau mobile.

În domeniul căderilor foarte joase s-au dezvoltat în ultimii ani mașinile reversibile de tip bulb, care, deși se încadrează în familia turbinelor-pompe Kaplan, prin particularitățile lor constructive constituie deja un tip independent.

Dezvoltarea turbinelor-bulb a mers atît de departe, încît ele deschid o perspectivă nouă în amenajarea căderilor joase și foarte joase, care pînă de curînd erau socotite neeconomic de amenajat. De asemenea, în legătură cu utilizarea mareelor a apărut necesitatea ca turbinele-pompe de tip bulb să fie de două ori reversibile, și anume să lucreze ca pompă și ca turbină în ambele sensuri de scurgere a apei. Utilizarea mașinilor-bulb este limitată în prezent la circa 15 m, însă această limită s-ar putea depăși prin construirea de mașini în mai multe trepte.

Tabela 1

Pompe pentru uzine de acumulare prin pompaj

Nr. crt.	Denumirea uzinei (sursa bibliografică)	Anul punerii în funcțiune	Înălțimea de refulare, m	Debit, m³/s	Puterea, CP	Turația, rot/min	Nr. de trepte	Nr. de fluxuri	Diametrul rotorului D_2, m	Randamentul maxim η_{max}, %	Poziția axului
1	Hohenwarte I (Mosonyi, vol. 2)	1935	26		14 600	136,5	1	1			V
			67,3		23 300	167,5					
2	Bleiloch (Büchi, p. 564)	1932	28	30,5	14 700	150	1	2	3,6		O
			41	19							
			41	35	21 000	176,5					
			58	20,5							
3	Hemfurth II (Energetica nr. 11/1959)	1928	37	13,75	6 600	250	1	1			V
4	Isola Santa		40	7	4 200	300	1	1			
5	Sron Mor (W. P. 1957)	1958	42	10,3	6 800						
6	Motec (SBZ 1962, nr. 25)	1958	43	4,7							
			69	4,3	9 530	550/750	1	1			O
			126	6,18	(put.max.)						
7	Geesthacht (SBZ 1962, nr. 25)	1958	70	41,2	44 400						
			74	39,1	43 600	214,3	1	2	3,5	91,7	O
			84	33	41 500						
			90,6	27,4	38 050						
8	Möll (Mosonyi, vol. 2)		80	10	9 100	495	1	2			O
9	Lac Noir		90	15,75	26 300						
			117	13,0	23 850	272,5	1	1			V
			130	9,8	21 250						
10	Lengorsk (Energetica nr. 11/1959)	1935	80	32,3	42 200	187,5					
			88	29,0	41 500						
11	Cotilia (Mosonyi, vol. 2)	1938	120	17,5	37 600	337,5	1	2	3,0	91	O
			152	13,3	32 700	(375)					
12	Tanzmühle (BWK 1960, nr. 4)	1957	122	16,3	34 000	375	1	2	2,5		O
			127		31 300						
13	Leitzach I (Brown, vol. 2)	1929	130	3,73	8 000	428	2				
13a	Leitzach II (BWK 1961, nr. 7)	1960	131		24 700	428	2	1			O
14	Niederwartha	1930	138,3	11,8	27 000						
			148	10,5		375	1(2)	2	2,4(2,7)		O
			154,3	9,4	23 000						
15	Herdecke (Koepchenwerk)	1932	149	13,6	34 200						
			156			300	2	2	2,55	86,3	O
			165	13,0							
16	Savuto (Büchi, p. 567)	1937	150	1,1	3 000	675	2	2			V
17	Waldshut (Büchi, p. 562)	1951	165	10,0	26 000	250	2	1	2,96		O
			167,5	8,3	22 300						
18	Reisach	1955	179	12,85	40 000	333	2	2	2,37		O
			190		36 000						
19	Fuhren	1961	184	2,0	5 600	1500				87,5	
20	Lettälven (Büchi, p. 559)	1953	195	8,5	25 800	500	1	2			O
21	Numazawanuma (Energetica, nr. 11/1959)	1955	195	14,1	42 000	600	2	2			
			226	11,0	38 000						
22	Stechovice (Energetica nr. 11/1959)	1946	215	7,0	25 000	375	2	1			V
			240	6,6	24 000						
23	Happurg	1958	209	14,1	44 500	375	2	2			O
24	Häusern	1933	210	9,5	35 000						
				7,5	27 000	333	2	1	2,55		V
			224	5,5	24 000						
25	Sillre (Energetica nr. 11/1959)	1933	217	1,82	6 800	600	2				V
26	Providenza	1949	240	16,4	62 000						
			277	14,2	58 000	450	2	2		91	O
			286	13,4							
			290	13,2	56 000						
27	Morozuka (W.P., aug. 1960)		241,4	18,6	77 000	300	2	1		90	V

Continuarea tabelei 1

Nr. crt.	Denumirea uzinei (sursa bibliografică)	Anul punerii în funcțiune	Înălțimea de refulare, m	Debit, m³/s	Puterea, CP	Turația, rot/min.	Nr. de trepte	Nr. de fluxuri	Diametrul rotorului D_2, m	Randamentul maxim η_{max}, %	Poziția axului
28	Witznau	1943	248	10,0	42 000	333	2	1	3.0		V
			266	9,34	39 000						
			273	8,86	38 000						
29	Waggital (Brown, vol. 2)	1926	259		6 500	750	3				V
30	Bitto I (Büchi, p. 558)	1941	265	0,4	1 800	1500	4	1			O
31	Vianden (SBZ 1962, nr. 25)	1962	268	22,8	92 800	428,6	2	2		90	O
			292	20,8	90 000						
32	Dobsina (Mosonyi, vol. 2)		280		11 000						
33	Erzhausen (SBZ 1962, nr. 25)	1964	279	18,7	78 300	428,6	2	2			O
			299	16,4	72 750						
34	Waldeck (Bringhausen)	1932	285	6,2	29 500	500	2	2	2,1		O
			300	6,0	29 000						
			308	5,5	28 200						
35	Glems	● 1962	300		49 000	600					O
36	Ffestiniog (W.P. febr. 1961)	● 1961	300		110 000	428,6	2	2	2,6	90,6	V
			305	21,1	93 600						
			323	17,0	80 000						
37	Hospitalet		310	3,4	16 000	750	2				
38	Hohenwarte II (Amalienhöhe)	* 1962	310	11,2	53 700	428,6	2	1			V
			319	10,4	43 800						
39	Peccia (Mosonyi, vol. 2)	1953	315	2,8	14 350	1000	2	1			O
			410	2,0	13 100						
40	Limberg (W.u.E. nr. 5–6/1956)	1956	320	16,6	83 800	500	2	2	2,31		O
			410	12,6	80 000						
			420	10,8	74 500						
			420	11,4	72 600						
41	Rodund (Mosonyi, vol. 2)	1952	334	10,5	54 700	500	2	2			O
			355	8,95	50 000						
			355	9,5	52 000						
42	Ponale (pompă mică)		340	0,56	3 000	1000					
43	Schwarzenbach (W.P. dec. 1962)	1926	345		14 300	500					O
44	Gargnano (SBZ nr. 25/1962)	1962	375	16,2	91 700	600					V
			417	14,0	85 400						
			440	12,4							
45	Ferrera (SBZ. 1962 nr. 25 și SBZ 1960 nr. 33)	* 1962	397,5	5,22	32 610	750	2	1			O
			466	4,0	28 300						
			499								
46	Grimsel	1954	400	4,0	25 100	1000	2	2			V
47	Pragnères (Mosonyi, vol. 2)	1950	400	2	12 600	1000	3	2			O
			474	1,6	11 500						
48	Lassoula (Energetica, nr. 11/1959)	1932	403	0,66	4 500	1500	5				O
			474	0,43	3 500						
49	Etzel (Mosonyi, vol. 2)	1945	485	2,77	20 880	500	5	1		85,6	V
			491	2,70	21 000						
50	Belleville (Energetica nr. 11/1959)	1934	530	0,82	3 400	1000	6				O
51	Ponale (pompa mare) (Büchi, p. 566)	1947	600	4,3	40 000	500	5	1			O
52	Motec-Gaugra	1958	627	3,25	30 400	750	3	1			
			673	2,95	30 800						
			710	2,64	29 000						
53	Lünersee (SBZ 1962, nr. 25)	1957–1958	895	4,11	57 600	750	5	1	1,55		V
			967	3,75	54 750						
			1005	3,49	53 820						
54	Tremorgio (Mosonyi, vol. 2)	1926	900	0,4	6 400	1000	9	1			O
55	Reisseck (Hatelberg) Revue technique Sulzer nr. 4/1958	1959	1065	0,45	7 550	1500	8	1			O
			1230								

Observații. ● în construcție; * în montaj.

2. Pompe centrifugale de acumulare

De la prima pompă de acumulare cu o putere de 75 CP, instalată în 1894, şi pînă la cea mai mare pompă, de 110 000 CP, intrată în funcţiune în 1961, an de an parametrii constructivi şi funcţionali ai pompelor de acumulare s-au mărit şi s-au îmbunătăţit. În figura 2 se indică evoluţia puterilor pompelor de acumulare de la apariţia lor şi pînă în prezent.

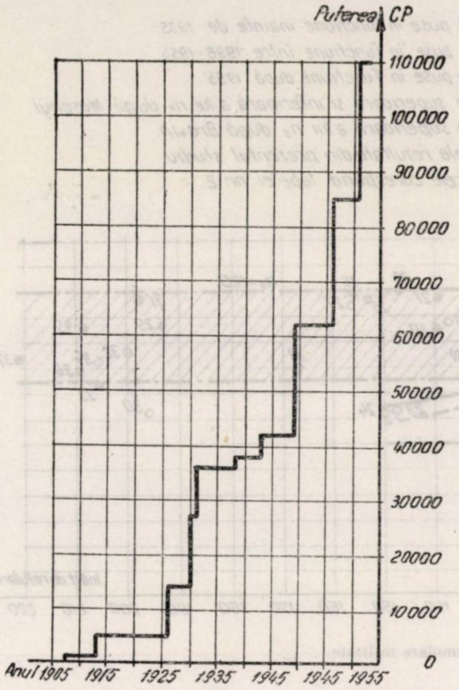


Fig. 2. Evoluţia puterii pompelor de acumulare.

Un pas important în dezvoltarea pompelor de acumulare s-a realizat în perioada 1928—1932, prin realizarea şi punerea în funcţiune a uzinelor Niederwartha, Herdecke şi Waldeck, care constituie primele UHEAP de mare putere. De atunci, aceste uzine s-au dezvoltat continuu şi s-au răspîndit în multe ţări din Europa, Asia şi America. Pe baza datelor din 1961 [3], puterile instalate în UHEAP într-o serie de ţări erau: Austria 460 MW, Elveţia 200 MW, R.F.G. 990 MW, Italia 420 MW, U.R.S.S. 585 MW. În ultimii ani, UHEAP au luat o dezvoltare din ce în ce mai mare, astfel că în 1962 numai în R.F.G. erau în funcţiune sau în construcţie uzine cu o putere instalată în turbine de 2 800 MW, iar în pompe, de 2 400 MW [4].

În tabela 1 s-au indicat parametrii a 55 pompe de acumulare mai mari de 3 000 CP ale unor uzine în funcţiune, în construcţie sau proiectate. Pe baza acestor date s-au calculat, în tabela 2, turaţiile specifice (n_s) a 37 pompe, pentru care am dispus de date complete. Ca şi la turbine, turaţia specifică (n_s) constituie criteriul de bază pentru determinarea parametrilor pompei. Unii autori, ca Mosonyi [5] şi Brown [6], au stabilit, în manualele respective, curbe-limită $n_s = f(H)$, similar celor care se practică pentru turbinele de apă. Aceste curbe au fost reproduse în figura 3, pe care s-au trecut şi turaţiile specifice ale celor 37 pompe din tabela 2.

În calculul turaţiilor specifice s-au întîmpinat dificultăţi, datorită faptului că în multe cazuri înălţimile de refulare sînt variabile şi în literatură nu se indică înălţimea de calcul. Alteori se indică numai înălţimile-limită (minimă şi maximă). De aceea este posibil ca unele din valorile lui n_s să difere într-o măsură oarecare de cele reale, însă ele nu sînt în măsură să schimbe concluziile la care vom ajunge.

În privinţa unor puncte din figura 3 sînt de făcut următoarele observaţii:

Tabela 2

Turaţiile specifice ale pompelor de acumulare

(Raportate la 1 treaptă şi 1 flux)

Nr. crt.	Denumirea uzinei	Anul punerii în funcţ.	*Href.* pt. 1 treaptă	*Q* per aspirator	*n* rot/min	n_s
1	Izola Santa	—	40	7	300	182
2	Bitto 1	1941	61	0,4	1500	158
3	Niederwartha (2 tr.)	1930	74	5,25	375	124
4	Herdecke	1932	74,5	6,80	300	112
5	Möll	—	80	5	500	151
6	Waldshut	1951	82,5	10	250	105
7	Geesthacht	1958	84	16,5	214	114
8	Etzel	1945	97	2,77	500	98
9	Tremorgio	1926	100	0,4	1000	73
10	Happurg	1958	104,5	7,05	375	111
11	Häusern	1931	105	9,5	333	114
12	Lac Noir	1937	117	13,0	272	101
13	Ponale	1947	120	4,3	600	125
14	Cotilia	1938	120	8,75	337,5/375	100/111
15	Morozuka	—	120,7	18,6	300	129
16	Tanzmühle	1957	122	8,15	375	107
17	Witznau	1943	124	10	333	103,5
18	Pragnères	1950	133	1,0	1000	93
19	Providenza	1949	138,5	7,1	450	108,5
20	Reisach	1955	139,5	6,42	333	105
21	Erzhausen	1962	139,5	9,35	428,6	118
22	Vianden	1962	146	10,4	428,6	120
23	Niederwartha (1 tr.)	1930	148	5,25	375	74
24	Waldeck	1932	150	3	500	73,5
25	Ffestiniog	1961	152,5	10,55	428,5	117
26	Hohenwarthe II	1961	155	11,2	428,6	119
27	Hospitalet	—	155	3,4	750	115
28	Rodund	1952	167	5,25	500	90
29	Lünersee	1957	193	3,75	750	102,5
30	Lettälven	1953	195	4,25	500	72
31	Ferrera	1962	198	5,22	750	118
32	Grimsel	1954	200	2,0	1000	97
33	Limberg	1956	205	6,3	500	84,5
34	Peccia	1953	205	2,0	1000	95
35	Cargnano	1962	208,5	7,0	600	105
36	Motec	1958	209	3,25	750	90
37	Ferrera	1962	233	4,0	750	92

— punctul *5* este situat în afara zonei în care sînt grupate restul punctelor, din cauză că, datorită unor condiţii locale, această pompă are o contrapresiune foarte mare pe aspiraţie, ceea ce a permis adoptarea unui n_s mărit:

— punctul *9* se referă la o pompă construită în 1926, şi deci depăşită de tehnica actuală.

Din examinarea figurii 3 se desprind următoarele concluzii:

— Spre deosebire de turbine, la pompe nu se verifică valabilitatea unei curbe de variaţie a lui n_s limită $= f(H_s)$ în domeniul căderilor mai mari de 100 m/treaptă. Dacă excludem pompele realizate înainte de 1935, turaţiile specifice ale pompelor realizate se situează între 85 şi 120, cu observaţia că pentru pompele puse în funcţiune după anul 1955 limita inferioară este şi mai ridicată, şi anume $n_s = 100$, cu excepţia a trei pompe, nr. 33, 36 şi 37, din totalul de 14 pompe puse în funcţiune ulterior anului 1955. În cazul pompei nr. 33, datorită variaţiilor mari de înălţime de refulare — de la 320 la 420 m —, era indicat să se adopte un n_s mai mic pentru a obţine o curbă mai aplatisată de randament, în funcţie de înălţime.

— Limita inferioară $n_s = 60$ indicată de Mosonyi este depăşită de realizările ulterioare anului 1935, ea fiind $n_s = 85$, iar pentru pompele realizate după 1955 limita inferioară este $n_s = 100$. Din şase pompe puse în funcţiune după 1960, cinci au $n_s = 120$.

Adoptarea unei turaţii specifice de 120 se justifică, deoarece pentru această valoare se demonstrează teoretic că o pompă centrifugală are randamentul maxim.

Existenţa unui n_s optim a fost constatată şi la turbinele Francis. Astfel, Zanobetti [7] a arătat că la turbine Francis n_s optim este situat între 150 şi 200. Pentru pompe de acumulare, Dziallas [2] arată că de la $n_s = 80$ la $n_s = 100$ se cîştigă 1 % randament, iar de la $n_s = 100$ la $n_s = 120$ ... ... 130 se mai cîştigă în plus 1,5 % randament. Orice majorare a lui n_s peste această valoare nu mai conduce la o majorare a randamentului, decît cu costuri nejustificate economic, şi în schimb reclamă contrapresiuni mai mari, deci costuri mai mari pentru fundaţia agregatului.

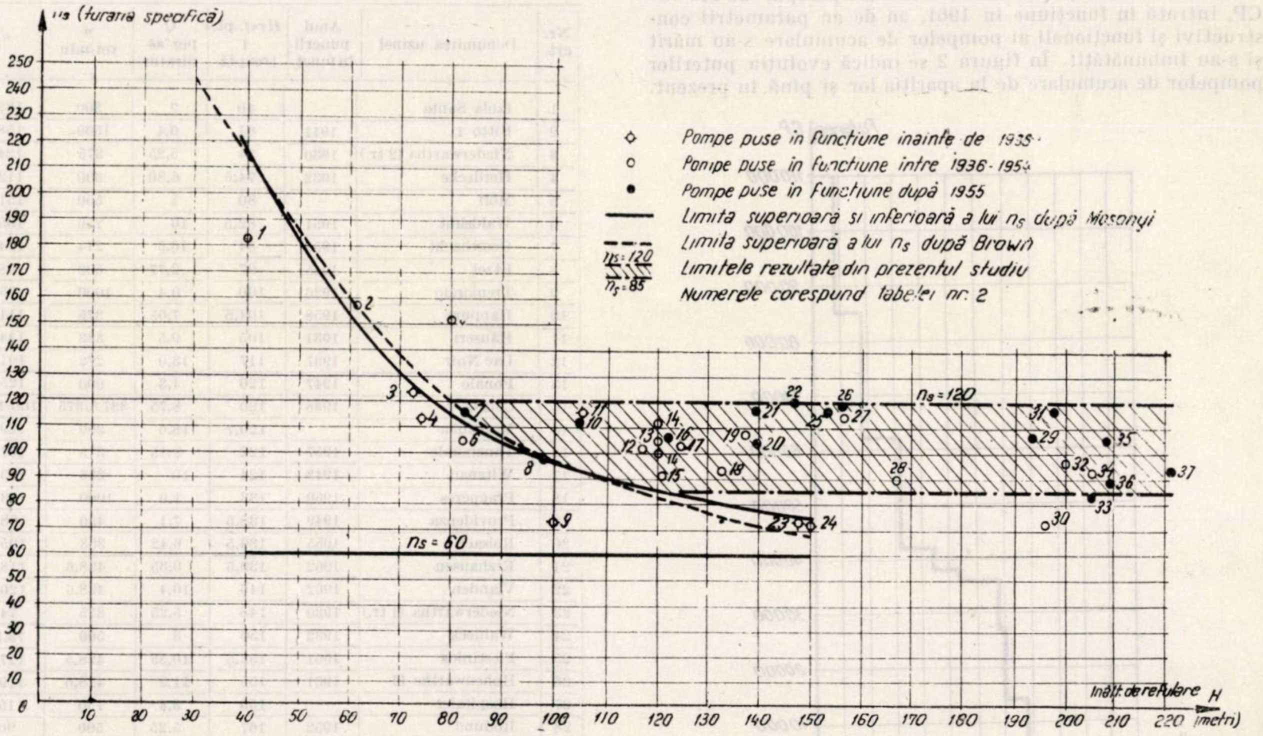


Fig. 3. Turaţiile specifice ale pompelor de acumulare realizate.

Spre deosebire de turbinele de apă, în cazul pompelor există posibilităţi pentru aducerea lui n_s la limitele optime indiferent de înălţimea de refulare, prin modificarea fie a numărului de trepte, fie a numărului de fluxuri. În aceste condiţii, şi cum în cadrul UHEAP un randament cît mai mare este hotărîtor pentru economicitatea instalaţiei, se impune adoptarea unei turaţii specifice cît mai apropiate de optim.

— La înălţimi de refulare mai mari de 200 m/treaptă se constată o oarecare reducere a lui n_s, zona în care se situează pompele realizate fiind între $n_s = 90$ şi $n_s = 110$. Fenomenele de cavitaţie sînt cele care duc la această reducere.

Din examinarea tabelelor 1 şi 2 se mai desprind următoarele:

— înălţimile de refulare de 200 m/treaptă şi mai mult au devenit curente (tabela 2, pompele nr. 32—37);

— debitele maxime per aspirator (tabela 2) au crescut continuu, valori de peste 10 m^3/s per aspirator fiind uzuale. Din acest punct de vedere remarcăm pompele nr. 6, 10, 17, 22, 25 şi 26 cu 10 la 11 m/s per aspirator, pompa nr. 12 cu 13 m^3/s, pompa nr. 7 cu 16,5 m^3/s şi pompa nr. 15 cu 18,6 m^3/s;

— pompele cu puteri de 80 000 ... 100 000 CP se întîlnesc din ce în ce mai mult (tabela 1, pompele nr. 27, 31, 33, 36 şi 44), toate date în funcţiune după 1960;

— randamente de peste 90 % sînt valori curente la pompele recente de mare putere (tabela 1, pompele nr. 7, 11, 27, 28, 31 şi 36).

Cu asemenea randamente s-a reuşit ca la o serie de UHEAP moderne randamentul global teoretic să se ridice la peste 75 %, valoarea maximă realizată pînă în prezent fiind de 77 %.

— S-au realizat pompe cu înălţimi de refulare de 1 000 m şi chiar mai mult (tabela 1, pompele nr. 53, 54 şi 55).

— Construcţia cu două trepte şi două fluxuri la pompele de acumulare de mare putere pentru căderi pînă la peste 400 m a devenit o soluţie curentă clasică (tabela 1, pompele nr. 18, 21, 23, 26, 31, 33, 36, 40, 41 şi 46). Avantajele importante ale acestei construcţii sînt: mărirea turaţiei agregatului pentru un debit şi o înălţime dată şi eliminarea împingerilor axiale datorită simetriei scurgerii.

— Pentru pompele cu trei sau mai multe trepte se utilizează construcţia cu un flux.

— Diametrul rotoarelor a ajuns pînă la valori de 3,5... ... 3,6 m, valori între 2,5 şi 3,0 m întîlnindu-se în mod curent.

— Dispoziţia cu ax orizontal se preferă celei cu ax vertical. Astfel, din 45 pompe cuprinse în tabela 1 pentru care cunoaştem poziţia axului, 29 pompe — adică circa 65 % — au axul orizontal.

Avantajele dispoziţiei cu ax orizontal sînt: buna accesibilitate a agregatului, care conduce la un montaj şi o exploatare mai uşoară, înălţimea de construcţie mai redusă, fundaţii simple şi dispoziţie simplă a conductelor. Ea conduce la o uzină lungă, ale cărei dimensiuni în secţiune transversală sînt reduse, ceea ce pentru uzine subterane este de preferat. În schimb, are dezavantajul că necesită o suprafaţă în plan mai mare şi se pretează mai greu la variaţii mari de nivel în aval.

În trecut au existat unele dificultăţi datorită vibraţiilor axului agregatelor orizontale, care în acest caz este supus şi la încovoiere şi care la agregate mari are lungimi de peste 20 m. O serie de realizări recente (tabela 1, pompele nr. 7, 12, 18, 31, 33, 35 şi 45) arată că majoritatea furnizorilor au învins această dificultate. Avantajele în exploatare şi scurtarea duratei de montaj sînt hotărîtoare pentru a prefera dispoziţia orizontală în toate cazurile în care alte considerente nu conduc la dispoziţia verticală. Astfel, la uzina Ffestiniog, dispoziţia cu ax vertical este justificată prin aceea că, centrala fiind supraterană, se obţine un efect plastic mai bun cu o clădire mai înaltă; dispoziţia verticală a permis, de asemenea, amplasarea mai judicioasă a instalaţiilor anexe şi a acceselor la centrală.

— Vitezele periferice ale rotorului corespunzătoare lui D_2 (la ieşire) sînt situate între 40 şi 60 m/s.

— O ultimă concluzie, foarte importantă, se desprinde din analiza pompelor realizate pînă în prezent, dacă le clasăm pe game de înălțimi de refulare. În acest scop, în figura 4 s-a indicat pentru game de înălțimi de cîte 100 m, din sută în sută, numărul de pompe realizate în % din numărul total (55, conform tabelei 1). Aproape 50% din UHEAP amenajate sînt situate în domeniul de la 100 la 300 m, care reprezintă domeniul optim de amenajare, dacă nu facem distincție între uzinele construite recent și cele mai vechi. Acest domeniu este menționat și de Dziallas [2]. Dacă luăm în considerare numai uzinele realizate după 1960, constatăm că din 22 de uzine 16 sînt situate între 150 și 450 m, patru sub 150 m și două peste 450 m, ceea ce arată o deplasare a zonei optime către căderile mai mari. Domeniul 150—450 m a fost menționat la simpozionul ASCE din 1961 [3]. În interiorul acestei zone optime, căderile în jurul a 300 m sînt cele mai frecvente la o serie de amenajări recente (tabela 1, pompele nr. 31, 33, 35, 36 și 38), date în funcțiune după 1960.

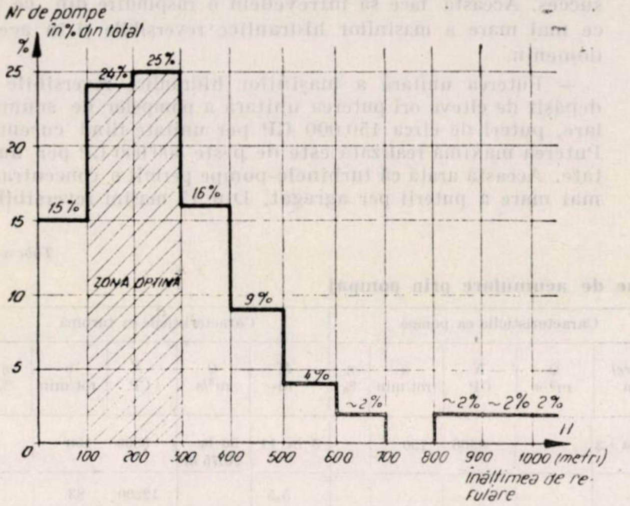


Fig. 4. Repartizarea procentuală a numărului de pompe de acumulare, construite, pe trepte de înălțimi de refulare.

Se știe că o uzină este cu atît mai ieftină cu cît căderea este mai mare, însă peste o anumită valoare a căderii în cazul UHEAP scăderea costului devine neînsemnată. Ca limită trebuie luată înălțimea de refulare de la care pompele în două trepte nu se mai pot realiza, ceea ce impune trecerea la trei trepte și un flux, din care rezultă o scumpire apreciabilă a întregului agregat. Această limită este de 400... ...450 m, corespunzător unei înălțimi de refulare de 200... ...225 m/treaptă. În această zonă sînt situate două dintre cele mai recente realizări (tabela 2, pompele nr. 35 și 37).

3. Turbinele-pompe (mașinile hidraulice reversibile)

Dezvoltarea parcursă de mașinile hidraulice reversibile a fost mult mai rapidă decît a pompelor de acumulare. Dacă pentru acestea au fost necesari peste 60 de ani de la apariția primei pompe pînă la punerea în funcțiune a celei mai mari pompe existente, cu o putere de 110 000 CP, în cazul mașinii hidraulice reversibile, de la apariția ei în 1934 și pînă la punerea în funcțiune a celei mai mari turbine-pompe, cu o putere de peste trei ori mai mare decît a celei mai mari pompe, și anume de 340 000 CP, au fost necesari numai 30 de ani. După o serie de încercări izolate cu uzine de mică putere, construite înainte de 1940, mașinile reversibile se dezvoltă mult după ultimul război mondial mai ales sub forma tipului Deriaz și Francis reversibil. Deși agregatele cu pompe separate continuă să se instaleze în majoritatea UHEAP, mai ales în Europa, agregatele cu mașini reversibile se întîlnesc din ce în ce mai des, îndeosebi în U.R.S.S. și America.

Fără a intra în studiul detaliat al celor două soluții, vom arăta concluziile la care au ajuns majoritatea celor ce au studiat problema [2], [8], [9] și [10].

Mașina hidraulică reversibilă reprezintă un compromis între o pompă și o turbină, deoarece între caracteristica de funcționare ca turbină și ca pompă a uneia și aceleiași mașini hidraulice există o necorespondență organică ce poate fi ameliorată, dar nu eliminată. Din această cauză, utilizarea mașinilor hidraulice reversibile implică, în raport cu soluția cu pompe separate, o pierdere de randament de 2 pînă la 4%, care poate fi acceptată atunci cînd energia disponibilă pentru pompaj are un cost redus. Prin eliminarea unei mașini hidraulice cu toate instalațiile ei anexe și reducerea corespunzătoare a spațiului în centrală, se reduce costul centralei, ceea ce justifică adoptarea mașinii reversibile în cazul că principalul obiectiv urmărit este reducerea investițiilor.

Este cunoscut că la o pompă, indiferent dacă este pompă separată sau mașină reversibilă funcționînd ca pompă, randamentul optim se realizează numai pentru o anumită înălțime de refulare (înălțimea de calcul) și că funcționarea la înălțimi mai mici sau mai mari este legată de pierderi de randament cu atît mai importante cu cît variațiile de înălțime sînt mai mari. Pentru exemplificare reproducem în figura 5, după [2], curbele caracteristice ale unei pompe centrifugale cu $n_s = 108$ rot/min. Deci funcționarea cu căderi foarte variabile atrage pierderi de randament importante, care se adaugă, în cazul mașinii reversibile, la pierderile organice ale acestui tip.

Rentabilitatea unei UHEAP depinde de multe ori de cîteva procente de randament. Din această cauză, mașinile reversibile nu sînt indicate pentru UHEAP cu căderi variabile. Acesta este cazul UHEAP în circuit mixt, care dispun de acumulări importante, create prin baraje înalte. Deci turbinele pompe se pretează la UHEAP în circuit închis pur.

În fine trebuie să mai menționăm că o mașină hidraulică reversibilă, pentru a reveni mai ieftină decît două mașini și a fi mai simplu de exploatat, trebuie să fie simplificată la maximum, chiar cu prețul renunțării la unele avantaje, cum ar fi randamente mai mari și posibilitatea de reglaj. Soluțiile la care s-a recurs în trecut la unele instalații mai vechi folosind două turații — una pentru funcționare ca turbină și alta în sens invers, mai ridicată, pentru funcționare ca pompă — în scopul eliminării necorespondenței dintre caracteristicile mașinii ca turbină și ca pompă, nu se mai aplică în prezent. De asemenea, în sisteme energetice puternice se poate renunța la cerința de a asigura reglajul în funcționarea ca pompă, fiind suficient un reglaj grosier, prin variația numărului de pompe în funcțiune.

Cele mai noi și mai mari UHEAP în circuit închis pur folosesc tocmai mașini reversibile de acest fel, care, deși sînt dotate cu pale directrice mobile, nu le utilizează decît în funcționarea ca turbină și le blochează în funcționarea ca pompă.

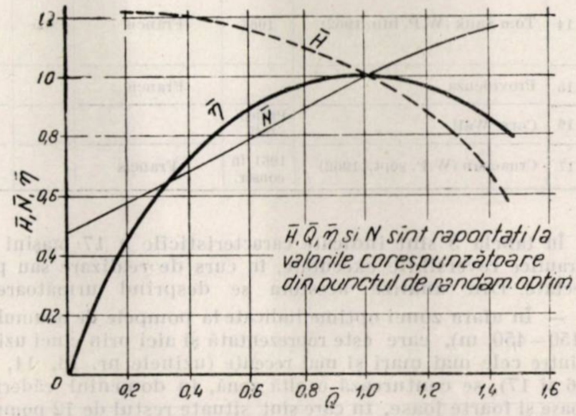


Fig. 5. Curbele caracteristice ale unei pompe centrifuge cu $n_s = 108$.

Considerentele de mai sus sînt valabile pentru domeniul căderilor situate între 150 și 450 m. În domeniul căderilor joase, sub 150 m, prin realizarea mașinii hidraulice Deriaz, care în prezent se poate realiza numai pînă la 80 m cădere, s-a găsit o soluție optimă, a cărei generalizare este neîndoielnică. Mașina Deriaz este de tipul semiaxial, cu pale rotorice mobile, însă cu profilul palelor apropiat de al turbinei Francis. În locul palelor directrice mobile se utilizează cozile palelor fixe, antestatorice, prevăzute cu posibilitatea de a se roti. Acest tip de mașină se folosește atît ca turbină cît și ca turbină-pompă.

Se poate prevedea că, datorită acestui tip de mașină hidraulică, problema echipării UHEAP de joasă cădere se rezolvă definitiv în favoarea soluției cu unități combinate (agregate cu două mașini).

În domeniul căderilor foarte joase, problema echipării este, de asemenea, rezolvată definitiv cu mașini-bulb.

În domeniul căderilor peste 450 m, mașinile reversibile nu au pătruns, pînă în prezent soluția cu pompe separate fiind singura întîlnită.

Tabela 3

Turbine-pompe pentru uzine de acumulare prin pompaj

Nr. crt.	Denumirea uzinei	Anul punerii în funcț.	Tipul	Diametru rotor, m	Poz. ax	Caracteristicile ca pompă					Caracteristicile ca turbină				
						H ref m	*Q* m³/s	*N* CP	*n* (rot/min	η %	*H* m	*Q* m³/s	*N* CP	*n* rot/min	η %
1	Cambeyrac (Mosonyi, vol 2)		Bulb (axială)	3,1	O	−1 la +3		6800	150		3 la 11	50 la 10,75 m	6800	150	
2	Saint Malo (Mosonyi, vol. 2)		Bulb (axială)		O						5,5		12200	83	
3	Baldeney (Mosonyi, vol. 2)	1934	Kaplan cu pale statorice fixe		V	9 la 10	12	1800	326	78	9 la 10	15	1500	256	90
4	Pedreira	1937	Francis			15 la 30	20	4600	212		15 la 30	23	5200	212	
5	Niagara (Brown, vol. 2)	1954	Deriaz	6,4	V	18,3 25,9	142 113	38000	92,3		25,3		45000	92,3	
6	Reservoir (fost Tusca Rora) pe Niagara (BWK 7/1961 și W.P. aug. 1961)	1961 în constr.	Deriaz		V	26	96	37500	112,5		23		28000	112,5	
7	Valdecanas (W.P. sept. 1962)	1957	Deriaz		V	50 la 76	103 la la H = = 70 m	108000 la H = = 70 m	150		50 la 76		108000 la H = = 74 m	150	
8	Flatiron (Mosonyi, vol.2)	1954	Elicoidală cu 6 pale, fără stator reglabil		V	52 la 91	10,5 la H = = 73 m	12900	300		43 la 88		12200	257	
9	Smith Mountain (W.P. nov. 1961)	Proiectată				55	120	87000	105,9	93	55		93000	105,9	90
10	Hiwasee (Brown, vol. 2)	1956	Francis	6,75	V	63	110	104000	136	90	58 73	120	81000 120000	106	89,5
11	Ananai					69,5	13	16600	360		69,5	22	18350		
12	UHEAP pe Nipru (G.S. 5/1963)	Proiectată		4,65		70		45000			65−725	60			
13	Yard Creek (W.P. mart. 1962)	Proiectată				200		150500			210−232				
14	Tom Sauk (W.P. iun. 1962)	1963	Francis	6,5		233 247 267	77 68,5	275000	200		223 241 254		270000 300000 340000	200	
15	Providenza		Francis			259		70000	375						
16	Corn Wall	Proiectată				300					300		300000		
17	Cruachan (W.P. sept. 1962)	1961 în constr.	Francis		V	365 365	30	142500 150000	500		343 343		137000 140000	500	

În tabela 3 sînt indicate caracteristicile a 17 mașini hidraulice reversibile executate, în curs de realizare sau proiectate. Din analiza acestora se desprind următoarele:

— În afara zonei optime indicate la pompele de acumulare (150—450 m), care este reprezentată și aici prin cinci uzine, dintre cele mai mari și mai recente (uzinele nr. 13, 14, 15, 16 și 17), se conturează o altă zonă, în domeniul căderilor joase și foarte joase, în care sînt situate restul de 12 pompe: de tipul axial la căderi sub 15 m, iar în domeniul de la 15 la 70 m, de tipul Francis reversibil la amenajările vechi și de tipul Deriaz la cele recente. Se poate deci afirma că, datorită mașinii reversibile, a devenit economică amenajarea UHEAP de joasă cădere. În domeniul căderilor mai mari, tipul Francis reversibil este singura mașină utilizabilă. Interesant că înălțimile de refulare ale celor cinci pompe susmenționate, toate încă nedate în funcțiune, variază între 200 și 400 m, adică sînt în jumătatea de sus a domeniului optim al pompelor de acumulare, ceea ce, pe de o parte, arată tendința către căderi din ce în ce mai mari, iar pe de altă parte se suprapun tocmai peste domeniul pompelor de acumulare cu două trepte și flux dublu, pe care-l acoperă cu succes. Aceasta face să întrevedem o răspîndire din ce în ce mai mare a mașinilor hidraulice reversibile și în acest domeniu.

— Puterea unitară a mașinilor hidraulice reversibile a depășit de cîteva ori puterea unitară a pompelor de acumulare, puteri de circa 150 000 CP per unitate fiind curente. Puterea maximă realizată este de peste 300 000 CP per unitate. Aceasta arată că turbinele-pompe permit o concentrare mai mare a puterii per agregat. Din 17 mașini reversibile, șase au puteri unitare peste 100 000 CP, pe cînd din 55 pompe de acumulare numai una depășește 100 000 CP. Acest fapt este legat și de mărimea sistemului energetic în care lucrează pompele respective.

— Dacă exceptăm mașinile hidraulice de tip bulb, singura dispoziție întîlnită la agregatele cu mașini reversibile este cea verticală.

— Performanța maximă de randament o realizează o turbină-pompă de joasă cădere (tabela 3, uzina nr. 9), și anume: $\eta_{turbină} = 90\%$, $\eta_{pompă} = 93\%$; lipsesc însă datele multora dintre mașini, și îndeosebi ale celor de mare cădere.

— Diametrele maxime ale rotoarelor sînt cuprinse între 6 și 7 m.

— Pornirea ca pompă cu motor electric de lansare se întîlnește din ce în ce mai des la mașinile recente de mare putere.

4. Maşinile electrice reversibile

Motor-generatorul electric utilizat în agregatele de acumulare prin pompaj este o maşină electrică reversibilă, funcţionînd ca generator electric într-un sens de rotaţie şi ca motor electric în celălalt sens. În afara aspectelor pe care le ridică un hidrogenerator obişnuit, este necesar să subliniem unele particularităţi specifice maşinii electrice a agregatului de acumulare prin pompaj.

Datorită numărului mare de porniri şi opriri zilnice, îndeosebi la UHEAP în circuit închis pur, maşina electrică este solicitată mai intens din punct de vedere termic, lucru de care trebuie să se ţină seamă la construcţia maşinii [11].

Pornirea în regim de pompare se face adeseori pe cale electrică, fie prin pornire cu tensiune redusă, fie printr-un motor electric de pornire, ceea ce, de asemenea, trebuie luat în considerare la proiectarea maşinii electrice.

Din cauza numeroaselor operaţii necesare la pornire, oprire şi trecerea dintr-un regim de funcţionare în celălalt, precum şi a timpilor reduşi necesari pentru aceste operaţii, se impune utilizarea frînării electrice şi a unui înalt grad de automatizare. Un agregat de acumulare prin pompaj implică următoarele regimuri de funcţionare :

— regim de generator ;

— regim de pompaj ;

— funcţionare în compensator sincron ;

— funcţionare în scurtcircuit hidraulic, în care merg şi turbina şi pompa, însă numai o parte din puterea necesară pompei este dată de turbină, restul fiind preluată de la reţea. Aceasta reprezintă o posibilitate de reglaj a puterii în regim de pompare.

*

În încheiere trebuie remarcat că agregatele pentru UHEAP se dezvoltă într-o asemenea măsură, încît manuale de specialitate dintre cele mai recente, cum sînt : Brown, Mosonyi şi altele, sînt depăşite după trecerea a numai cîţiva ani de la apariţia lor. De aceea este necesar să se urmărească permanent noile realizări pentru a putea adopta soluţii la nivelul de perspectivă al tehnicii mondiale.

Bibliografie

[1] Pavel, D. *Analiza transformatoarelor hidroenergetice.* Energetica nr. 11, 1959, p. 457.

[2] Dziallas, R. *Maschinen für Pumpspeicherkraftwerke.* Elektrizitätwirtschaft, nr. 15/1960.

[3] * * * *ASCE Pumped-Storage Symposium.* Water Power, martie 1962, p. 94.

[4] Lottes, G. *Pumped-Storage Planning in Germany.* Water Power, decembrie 1962, p. 478.

[5] Mosonyi, E. *Wasserkraftwerke*, vol. II. Editura Academiei de ştiinţe ungară, Budapesta, 1959.

[6] Brown, G. *Hydro-electric Engineering Practice*, vol. II. Editura Blackie, Londra, 1958.

[7] Zanobetti, D. *Rassegna critica delle turbine Francis.* Energia Elettrica, nr. 5, 1957.

[8] Raabe, J. *Wasserkraftmaschinen.* BWK nr. 4, 1960.

[9] * * * *Ffestiniog Pumped-Storage Scheme.* Water Power, februarie 1961, p. 45.

[10] Bergeron, P *La grande famille des turbines et des pompes.* La Houille Blanche nr. 2, 1961, p. 168.

[11] Haffa, A. *Pumpspeicherwerke.* Siemens–Z, nr. 4, 1962.

[12] Obrist, H. *Escher Wyss Grosspeicher-pumpen.* SBZ nr. 25, 1962, p. 445,

[13] * * * *Tom Sauk Pumped-Storage Scheme.* Water Power, nr. 2, 1961,

[14] Büchi, G. *Le moderne turbine idrauliche.* Ed. Hoepli, Milano, 1957.

[15] Grassmann, A. *Die neue amerikanische Kraftwerkanlage am Niagara, ein kombiniertes Hochdruck und Pumpspeicherwerk.* BWK, nr. 7, 1961, p. 329.

[16] Doţenko, T. P. *Kievskaia GES na r. Dnieprе.* Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 5, 1963, p. 1.

[17] Bachl, H. şi Dichtel, C. *Die Kraftwerke Leitzach und Sendling der Elektrizitätswerke München.* BWK nr. 7, 1961.

[18] Dériaz, P. *The Mixed-Flow Variable-Pitch Pump-Turbine.* Water Power, februarie 1960, p. 49.

Abonaţi-vă

la

PUBLICAŢIILE

TEHNICE M. M. E. E.

● Revista Minelor

● Energetica

Revistele tehnice editate de Ministerul Minelor şi Energiei Electrice contribuie la îmbogăţirea cunoştinţelor tehnice ale inginerilor, tehnicienilor, inovatorilor, publicînd articole de specialitate, articole de sinteză, note documentare cu privire la cele mai noi realizări ale tehnicii noastre şi de peste hotare, recenzii de cărţi tehnice, inovaţii etc.

Difuzorii voluntari de presă, realizînd abonamente la revistele tehnice în rîndurile inginerilor, tehnicienilor, inovatorilor, muncitorilor fruntaşi, contribuie la ridicarea nivelului tehnic al tuturor cadrelor tehnice, la realizarea măreţelor sarcini ale desăvîrşirii construcţiei socialismului din patria noastră.

Cu privire la fenomenele de luat în considerare la exploatarea agregatelor energetice cu temperaturi de lucru ridicate

Ing. *R. DRAGOMIR*

Pe linia articolului „Aspectele fenomenului de fluaj în centralele termoelectrice cu parametri înalți"*, se aduce în cele ce urmează o serie de considerații privitor la comportarea metalelor și aliajelor la temperaturi înalte și sub acțiunea unei sarcini constante în timp, de natură a completa elementele necesare specialiștilor termoenergeticieni în urmărirea acestor fenomene în noile noastre instalații.

1. Influența temperaturilor înalte asupra proprietăților mecanice ale metalelor

În funcționarea la temperaturi înalte, organele de mașini, în afara solicitărilor obișnuite, sînt supuse și fluajului.

STAS 1965-50 definește fluajul: „proprietatea metalelor de a se deforma lent și continuu, în timp, sub acțiunea unei sarcini constante; această proprietate este variabilă cu temperatura".

În calculul organelor de mașini care lucrează la temperatura ambiantă, fenomenul de fluaj se neglijează, pentru că la această temperatură deformația este practic nulă.

Dacă, însă, aceleași piese trebuie să lucreze la temperaturi ridicate, deformația lentă, dar continuă, nu mai poate fi neglijată.

Sub influența temperaturilor înalte, proprietățile metalelor se modifică considerabil, astfel încît cunoașterea caracteristicilor de rezistență și plasticitate ale metalului la temperatura normală nu mai este nici pe departe suficientă pentru calculul organului de mașină executat din metalul respectiv, care lucrează însă la temperaturi ridicate.

Pe de altă parte, metodele obișnuite ale încercărilor de scurtă durată se dovedesc a fi valabile pentru determinarea caracteristicilor mecanice ale metalelor numai la temperaturi relativ coborîte; de exemplu:

— la oțeluri carbon pînă la 300—350°C;
— la oțeluri aliate pînă la 350—400°C;
— la metale neferoase pînă la 50—150°C.

La temperaturi mai ridicate, caracteristicile de rezistență și plasticitate depind foarte mult de timpul de încercare.

Din această cauză, determinarea unor astfel de caracteristici la temperaturi mai mari de 400°C pentru oțeluri, și mai mari de 150°C la metale neferoase, cum ar fi limita de proporționalitate și limita de curgere, este în mare măsură convențională, iar în unele cazuri își pierde chiar sensul.

Cu creșterea temperaturii, modulul de elasticitate și limita de proporționalitate scad mai întîi lent, apoi începînd de la temperaturile arătate mai sus, din ce în ce mai brusc. Reducerea aceasta are un caracter și mai pronunțat la metalele neferoase.

Limita de curgere a oțelului carbon, în funcție de temperatură, la început crește puțin, atingînd la temperatura de circa 200°C valoarea sa maximă. Dacă temperatura continuă să crească, valoarea limitei de curgere se reduce mult; astfel, la temperatura de 400°C, limita de curgere a oțelului carbon reprezintă doar 60—70% din valoarea sa la temperatura ambiantă. Totodată, lungimea zonei de curgere se reduce; la oțel carbon această zonă dispare complet la 350—450°C.

La oțelurile aliate, limita de curgere scade, în general, neîntrerupt cu temperatura.

Valoarea raportului dintre limita de curgere și rezistența la rupere a oțelului, în urma creșterii temperaturii, se micșorează de obicei cu atît mai mult cu cît temperatura este mai ridicată; la temperatura de 300—350°C, valoarea acestui raport este de 0,35—0,4.

Proprietățile plastice ale oțelului (lungirea specifică și îngustarea specifică în momentul ruperii) scad puțin cu temperatura, de la 20°C pînă la 200—300°C; dacă temperatura continuă să crească, plasticitatea oțelului crește, de regulă, din nou la oțelurile aliate (Ni; Cr-Ni; Cr-Si; Cr-W).

La oțelurile austenitice Cr-Ni, plasticitatea scade cu temperatura; la oțelurile carbon, reducerea plasticității se observă la temperatura de 250—350°C (casanța la albastru a oțelului) și la temperatura de 900—1000°C (casanța la roșu a oțelului).

Rezistența la rupere a oțelului obișnuit crește inițial cu temperatura, atingînd la 250—300°C valoarea sa maximă, care depășește cu aproximativ 20% valoarea rezistenței de rupere la temperatura ambiantă. Cu creșterea temperaturii, valoarea rezistenței la rupere scade brusc. De exemplu, rezistența la rupere a oțelului cu conținut redus de carbon, la 600°C, reprezintă numai aproximativ 40% din cea la temperatura ambiantă.

Adăugarea diferitelor metale pentru obținerea aliajelor (Bi, Cr, V) încetinește micșorarea rezistenței la rupere, cu temperatura.

Rezistența la rupere a fontei rămîne aproape constantă pînă la 300°C; dacă, însă, temperatura continuă să crească, ea scade repede.

---

* articol apărut în „Energetica" nr. 1 din 1963.

Modificarea limitei de oboseală a oțelului, cu temperatura, corespunde mai mult sau mai puțin cu variația rezistenței la rupere.

Ca exemplu, în figura 1 se dau curbele de variație a caracteristicilor rezistenței și plasticității oțelului cu conținut redus de carbon (0,15 %C) cu temperatura pînă la 800°C.

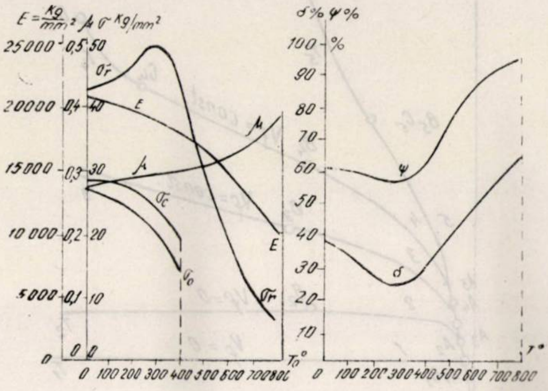


Fig. 1.

2. Probleme de rezistență izvorîte din funcționarea la temperaturi ridicate a organelor de mașini

Studiile și cercetările din ultimul timp au scos la iveală o serie de rezultate importante, și anume:

— multe ruperi de piese, dimensionate riguros prin calculul obișnuit, au avut loc din cauza fenomenului de fluaj;

— încercarea la tracțiune obișnuită (adică aceea la care o epruvetă este solicitată de o sarcină progresiv crescătoare pînă la rupere) este folositoare numai pentru piesele care funcționează la temperaturi apropiate de temperatura ambiantă;

— se pot satisface exigențe excepționale, mergîndu-se atît de departe, încît, în limita toleranțelor ajustajelor de fabricație, au fost admise pentru material lungiri în funcționare, predeterminate prin analizarea fluajului respectiv.

Calculele de rezistență a organelor de mașini care lucrează un timp îndelungat la temperaturi înalte capătă în prezent o importanță din ce în ce mai mare.

Exemple de astfel de organe de mașini sînt:

— discurile și paletele turbinelor cu abur și cu gaze;

— țevile și celelalte piese ale cazanelor cu abur;

— diferitele organe ale motoarelor cu ardere internă;

— diferitele organe ale motoarelor cu reacție;

— diferitele organe ale instalațiilor și aparatelor chimice.

În practică se cunosc multe cazuri cînd, în urma efectului fluajului, deformațiile pieselor au devenit atît de mari, încît exploatarea lor normală nu a mai putut avea loc. De exemplu „exploziile'' țevilor supraîncălzitoarelor de abur, care sub efectul fluajului și-au mărit diametrul; diametrul interior crescînd, iar grosimea peretelui scăzînd, solicitările rezultate din presiunea interioară au crescut peste limita admisă la temperatura de lucru și au dus treptat la rupere.

Un alt exemplu: din cauza deformației discurilor și a paletelor turbinelor cu abur, jocurile dintre palete și carcasă se reduc, fapt care duce la ruperea paletelor prin atingeri.

Asupra comportării materialului solicitat influențează atît temperatura cît și, în special, durata de lucru la această temperatură.

Figura 2 reprezintă rezultatele unor încercări la tracțiune făcute la 400°C pe epruvete din oțel recopt, cu conținut mediu de carbon, la diferite regimuri de încercare, și anume:

1. Curba *A* reprezintă încercarea obișnuită la tracțiune cu sarcina crescînd progresiv.
2. Curba *B* este trasată pe baza rezultatelor a cinci încercări, fiecare încercare efectuîndu-se cu o sarcină aplicată rapid și apoi menținută constant timp de 24 ore, după care s-au măsurat lungirile.
3. Curba *C* s-a trasat în aceleași condiții, cu singura deosebire că sarcinile respective au fost aplicate timp de o săptămînă. Se observă că valoarea tensiunilor pentru aceleași lungiri scade cu durata de menținere a sarcinii.

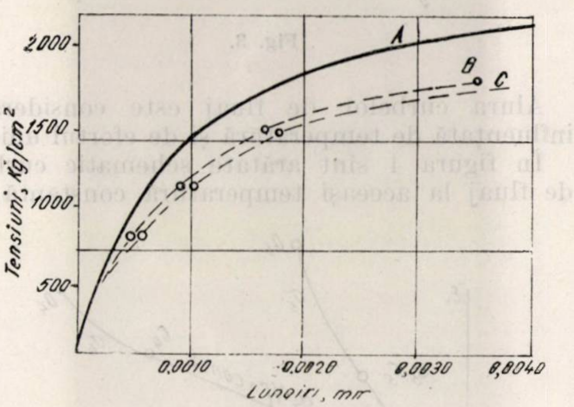


Fig 2.

La oțel, fontă și alte metale, fluajul se produce numai pentru o temperatură bine determinată:

— oțel carbon și fontă	peste 300—350°C;
— oțel aliat	peste 350—400°C;
— aliaje neferoase	peste 50—150°C.

La o temperatură egală sau mai mare ca cele de mai sus, fenomenul de fluaj se produce numai atunci cînd eforturile unitare depășesc o anumită valoare, bine determinată pentru fiecare metal.

Pentru piesele care lucrează timp îndelungat la temperaturi ridicate, calculul de rezistență trebuie să se facă diferit de cel pentru piesele funcționînd la temperatura mediului ambiant.

Deformațiile datorite fluajului sînt exprimate prin relația:

$$dl = f(\theta, \sigma, t), \tag{1}$$

unde:

dl este deformația totală;
θ — temperatura de lucru;
σ — solicitarea piesei;
t — durata solicitării.

Cele mai întîlnite cazuri în practica exploatării agregatelor energetice sînt caracterizate prin σ și θ constante (de exemplu o conductă de abur principală).

Variația deformației ε în funcție de timp (pentru σ și θ constante) capătă forma clasică a curbei de fluaj din figura 3.

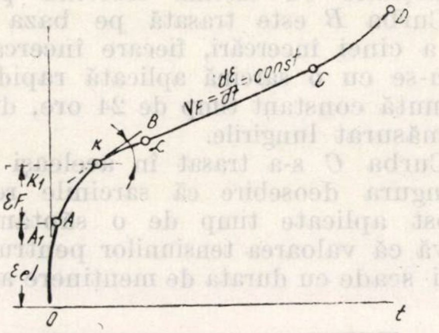

D
C
$V_F = \frac{d\varepsilon}{dt} = const$
B
K
α
K_1
ε_F
A
A_1
ε_{el}
0
t

Fig. 3.

Alura curbelor de fluaj este considerabil influențată de temperatură și de efortul unitar.

În figura 4 sînt arătate schematic curbele de fluaj la aceeași temperatură constantă T,

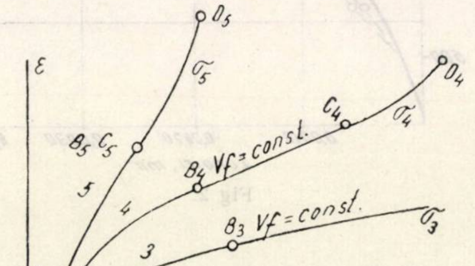

ε
D_5
σ_5
D_4
σ_4
B_5 C_5
C_4
$V_f = const$
B_4
5
4
$V_f = const.$
B_3
σ_3
3
A_5
A_4
2
B_2
$V_f = 0$
σ_2
A_3
A_2
1
$V_f = 0$
σ_1
$A_1 B_1$
0
t

Fig. 4.

însă la diferite solicitări σ_i, unde: $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3 < \sigma_4 < \sigma_5$, iar în figura 5 curbele de fluaj corespunzătoare aceluiași efort unitar σ, însă la diferite temperaturi T_i, unde: $T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5$.

După cum se observă din aceste diagrame, la solicitări sau la temperaturi crescînde, deformația datorită fluajului se produce din ce în ce mai rapid, porțiunea stadiului fluajului stabilizat se transformă într-un punct, adică din primul stadiu al fluajului se trece direct în stadiul de rupere.

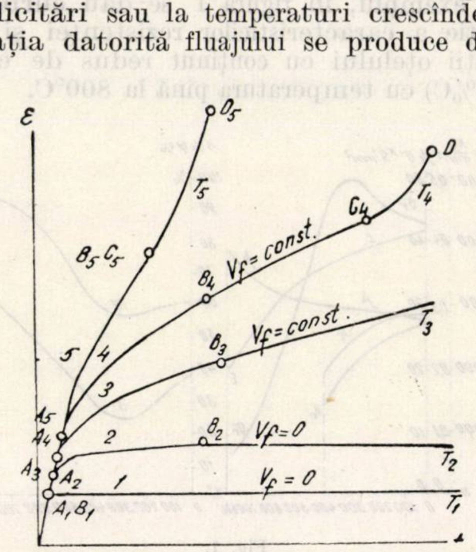

ε
D_5
T_5
D
T_4
C_4
B_5 C_5
B_4
$V_f = const.$
5
4
$V_f = const.$
T_3
B_3
3
A_5
A_4
2
B_2
$V_f = 0$
T_2
A_3
A_2
1
$V_f = 0$
T_1
$A_1 B_1$

Fig. 5.

Condiția de funcționare sigură a unei piese ce lucrează la temperatură ridicată timp îndelungat este:

$$\frac{\sigma_a}{E_T} + k\sigma_a{}^n \cdot t \leqslant \varepsilon_a. \tag{2}$$

Dacă se neglijează valoarea deformației elastice, ecuația devine:

$$\sigma_a = \left| \frac{\varepsilon_a}{K_t} \right|^{\frac{1}{n}}. \tag{3}$$

În tabela 1 sînt arătate date aproximative privitoare la valorile admisibile ale deformației totale la fluaj, pentru cîteva piese de cazane și turbine cu abur.

Tabela 1

Valorile lui ε_a

Nr. crt.	Piese	Durata în serviciu, mii ore	ε_a, cm/cm
1	Țevile supraîncălzitorului de abur	20	0,02
2	Conductele de abur	100	0,003
3	Cilindrii turbinelor cu abur	100	0,001
4	Paletele turbinelor cu abur	100	0,03

În concluzie, dimensionarea unei piese supuse la fluaj se face cu relația :

$$\sigma \leqslant \sigma_a = \left| \frac{\varepsilon_a}{K.t} \right|^{\frac{1}{n}} \tag{4}$$

unde σ este efortul unitar constant din piesă. Deoarece $V_f = \frac{d\varepsilon}{dt}$, relația (12) se mai poate scrie :

$$\sigma \leqslant \sigma_a = \left| \frac{V_{fa}}{K} \right|^{\frac{1}{n}} \cdot \tag{5}$$

În tabela 2 se indică date aproximative privitoare la valorile admisibile ale vitezei minime de fluaj pentru cîteva piese de cazane și turbine cu abur.

Tabela 2

Viteza minimă de fluaj

Nr. crt.	Piese	V_{fa} pe oră
1	Discuri de turbină cu ajustaj cu strîngere pe arbore	10^{-9}
2	Buloane, flanșe, cilindrii turbinelor cu abur	10^{-8}
3	Conducte de abur, cordoanele de sudură ale țevilor de la cazane	10^{-7}
4	Țevile supraîncălzitoarelor de abur	10^{-6}–10^{-5}
5	Paletele turbinelor cu abur	10^{-8}

În afară de calculele de rezistență la fluaj arătate, în care efortul unitar este limitat de valorile deformației admisibile ε_a sau ale vitezei de fluaj admisibile V_{fa} (ambele date de tabele sau de condiții constructive), este necesar să se verifice piesa și la curgere, prin relația :

$$\sigma \leqslant \frac{\sigma_{cT}}{c}, \tag{6}$$

în care :

σ_{cT} este valoarea rezistenței de curgere la temperatura T ;

c — un coeficient de siguranță.

În calcule, pentru acoperire se alege cea mai mică dintre cele trei valori determinate cu formulele (4), (5) sau (6).

Concluzii

Pentru evitarea avarierii instalațiilor care lucrează la temperaturi ridicate, este necesar să se ia următoarele măsuri :

a) La instalațiile la care fenomenul de fluaj a fost luat în considerare și care lucrează la temperaturile prescrise, nu trebuie să se depășească durata predeterminată sau deformarea-limită admisă. Preventiv se vor face sistematic și la intervale bine definite măsurări precise ale deformărilor, conform instrucțiunilor speciale.

b) La instalațiile asemănătoare celor de mai sus, dar la care în mod continuu sau accidental temperatura prescrisă a fost depășită, durata de funcționare predeterminată trebuie să fie recalculată ; măsurile preventive indicate mai sus vor fi aplicate și mai riguros.

c) Instalațiile sau piesele înlocuite, la care fenomenul de fluaj nu a fost luat în considerare, vor fi supuse unui calcul competent și se va respecta durata stabilită prin calcul, aplicîndu-se riguros și măsurile preventive citate.

Bibliografie

[1] Popescu, M. M. *Fluajul și materialele rezistente la temperaturi înalte*. Editura tehnică, 1958.

[2] Ponomarev, S. D. ș.a. *Calculul modern de rezistență în construcția de mașini*, vol. II. Editura tehnică, 1956.

[3] *Oțeluri refractare pentru fabricarea turbinelor cu abur*. Institutul de cercetări și încercări ,,V. I. Lenin'' din Pilsen. Dosar I.D.T. nr. 31111.

[4] Beleaev, N. M., *Rezistența materialelor*, vol. II. Editura tehnică, 1956.

[5] Oding, I. A. și Mateev, S. A. *Încercarea metalelor la temperaturi ridicate*. Moscova, Mașghiz, 1949.

[6] Buzdugan, Gh. *Rezistența materialelor*, vol. II, Editura tehnică, 1956.

Posibilități de îmbunătățire a randamentului la unele tipuri de turbine cu abur

Ing. *FR. SCHLOTTER*

Urmînd linia trasată de Congresul al III-lea al P.M.R. pentru ridicarea gradului de economicitate a instalațiilor energetice, astfel ca să se reducă consumul specific de combustibil cu 19% în 1965 față de 1959, este necesară găsirea tuturor rezervelor interne de îmbunătățire a economicității agregatelor existente în țară.

Este cunoscut că una dintre metodele principale de mărire a economicității turbinelor cu abur este îmbunătățirea condițiilor de funcționare a paletajului. Printre procedeele folosite în acest scop sînt:

— înlocuirea paletajului existent cu palete avînd profile aerodinamice superioare;

— alegerea gradului de reacție optim în paletaj;

— etanșarea tuturor jocurilor mărite;

— organizarea unei mai bune curgeri a curentului de abur prin îmbunătățirea formelor din interiorul turbinei etc.

Aceste metode sînt mult folosite în construcția turbinelor noi. Unele se pot folosi și în cazul modernizării unor turbine demodate.

În cadrul centralelor electrice din țara noastră există încă multe turbine de construcție mai veche, la proiectarea cărora nu s-au cunoscut principiile aerodinamicii actuale, considerîndu-se că interstițiile la treptele așa-zise „cu acțiune" au o influență foarte mică sau nulă asupra randamentului. În cazuri particulare, scurgerea aburului pe deasupra bandajului treptei la treptele cu acțiune nu a fost luată în considerare.

Experiențele efectuate în ultimul timp la Ț.K.T.I. au arătat într-un mod convingător că pierderile prin interstițiile dintre bandaj și diafragmă, respectiv dintre corpul turbinei și treaptă la treptele de reglaj (Curtis), nu pot fi neglijate, fiind o parte importantă a pierderilor din treaptă.

S-a stabilit că, chiar în cazul unui grad de reacție egal cu zero pe diametrul mediu al treptei, la extremitățile exterioare și interioare ale paletajului, gradul de reacție se abate considerabil de la valoarea zero. Gradul de reacție crește de la interior spre exterior, deci în cazul unei reacții nule la mijloc va apărea o reacție negativă la bază și o reacție pozitivă la vîrf.

În figura 1 este arătată schema scurgerilor și absorbțiilor prin interstițiile între diafragme și treapta rotorică pentru diferitele valori ale gradului de reacție pe diametrul mediu.

Pe baza unor analize amănunțite a funcționării unor trepte cu grad de reacție mic, se poate trage concluzia că pierderile legate de prezența unui interstițiu mărit sînt cauzate de:

— trecerea unei cantități de abur prin interstițiul de la vîrful și baza paletelor;

— absorbția în interstițiu a aburului în cazul unui grad de reacție negativ;

— spălarea curentului principal de abur în interstițiile deschise S_s și S_i, și prin aceasta înrăutățirea curgerii aburului în secțiunile marginale, cu formarea de turbioane;

— frecarea de suprafețele limitative și egalizarea parametrilor curentului de abur în interstițiul închis.

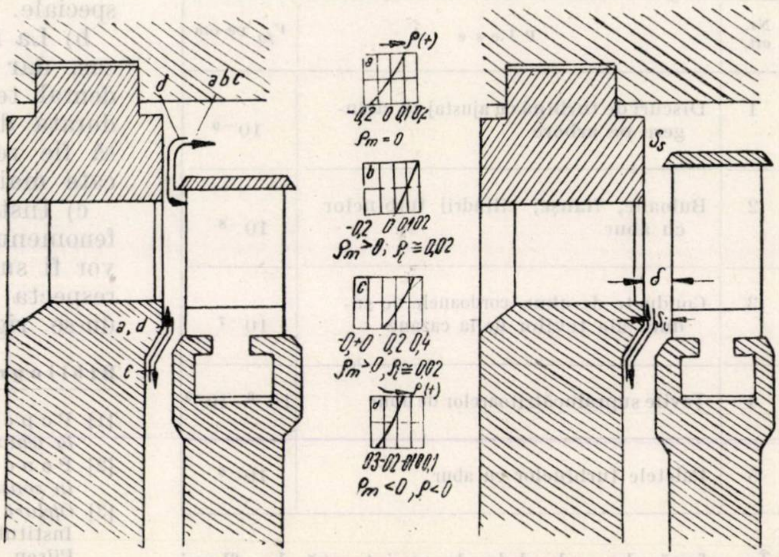


Fig. 1. Schema scurgerilor și absorbțiilor prin interstițiile unei trepte active.

Toate aceste pierderi nu au valori egale între ele și variază în funcție de parametri, mărimea interstițiilor etc.

În cazul turbinelor cu reacție, problemele arătate se referă la treapta de reglaj care totdeauna este treaptă cu acțiune, cu 1... 3 trepte de viteză, și deci considerentele teoretice pot fi aplicate ca și în cazul treptelor turbinelor cu acțiune.

La turbinele mai vechi din centralele electrice se pot folosi o serie de metode în cadrul reparațiilor pentru îmbunătățirea funcționării din punct de vedere economic, prin reducerea anumitor jocuri pînă la limită.

Astfel, la turbinele care sînt dotate prin construcție cu bandaje de tablă, în scopul micșorării interstițiilor se poate aplica metoda de micșorare a jocului dintre ajutaj și muchia tablei de bandaj.

Din literatură [1] este cunoscut că, în cazul treptelor cu un grad mic de reacție, micșorarea cu 1 mm a interstițiului axial dintre diafragmă și bandaj aduce o îmbunătățire a randamentului treptei cu aproximativ 1%. La turbinele în funcțiune, această micșorare se poate efectua pe mai multe căi.

Prima metodă, care se poate efectua relativ ușor, fără costuri suplimentare, este deplasarea rotorului în direcție axială. Această metodă permite atît micșorarea jocului superior S_s,

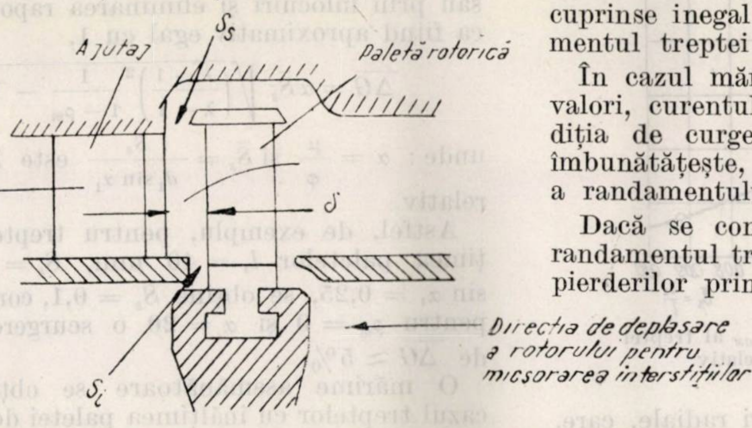

Ajutaj
S_s
Paletă rotorică
Direcția de curgere a aburului
δ
S_i
Direcția de deplasare a rotorului pentru micșorarea interstițiilor

Fig. 2. Repartizarea jocurilor inferior (S_i) și superior (S_s) și între palete stator-rotor (δ).

a jocului inferior S_i, cît și a distanței δ dintre muchia de ieșire a ajutajelor sau paletelor directoare și muchia de intrare a paletelor rotorice (fig. 2).

A doua metodă poate fi reprezentată printr-o deplasare a diafragmelor în direcția inversă curgerii aburului, cu același efect ca la prima metodă.

A treia metodă este aplicabilă în cazul unor repaletări și poate fi efectuată prin mărirea lățimii tablei de bandaj, ceea ce atrage după sine micșorarea interstițiilor S_i și S_s fără a avea influență asupra interstițiului δ.

O altă metodă este aplicarea unei etanșări pe diafragmă, cum este arătat în figura 3.

Metoda cea mai simplă și eficace, care nu necesită investiții mari, putînd fi executată la oricare reparație mijlocie sau capitală pregătită în acest scop, este metoda aplicării unei etanșări din tablă prin ștemuire în canal (fig. 4 b), fixare cu șuruburi sau sudură (fig. 4 a).

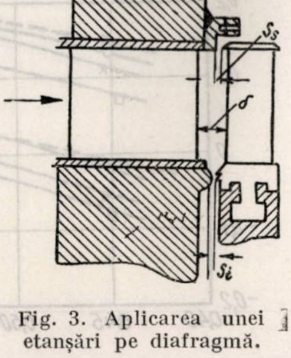


Fig. 3. Aplicarea unei etanșări pe diafragmă.

Partea pozitivă a diferitelor metode este că se reduc interstițiile, ceea ce aduce un cîștig de randament considerabil, cu o execuție simplă.

Cum este cunoscut din literatură [2], interstițiul δ are o influență foarte mare asupra randamentului treptei.

Aceasta se explică prin faptul existenței unei oarecare inegalități în secțiunea circulară a curentului de abur, care depinde în mare măsură de caracterul de curgere a acestui curent de abur în canalele treptelor și de grosimea muchiilor de ieșire ale ajutajelor și paletelor directoare. Din acest motiv, în cazul unor valori mici ale interstițiului, paletele sînt cuprinse inegal de curentul de abur și randamentul treptei scade.

În cazul măririi jocului δ pînă la anumite valori, curentul de abur se egalizează și condiția de curgere a aburului prin palete se îmbunătățește, ceea ce aduce o îmbunătățire a randamentului treptei.

Dacă se continuă mărirea interstițiului δ, randamentul treptei începe să scadă din cauza pierderilor prin frecări mărite.

Conform datelor lui I. I. Kirilov și R. M. Iablonski [2], cîștigul în randament la treaptă în funcție de egalizarea curentului de abur

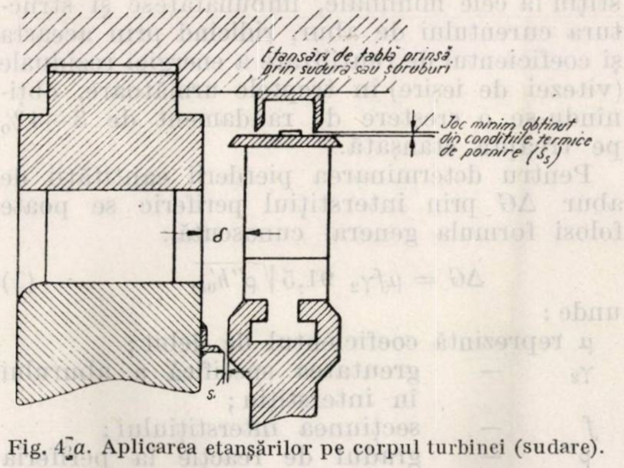

Etanșări de tablă prinsă prin sudură sau șuruburi
Joc minim obținut din condițiile termice de pornire (S_s)
δ
S_i

Fig. 4 a. Aplicarea etanșărilor pe corpul turbinei (sudare).

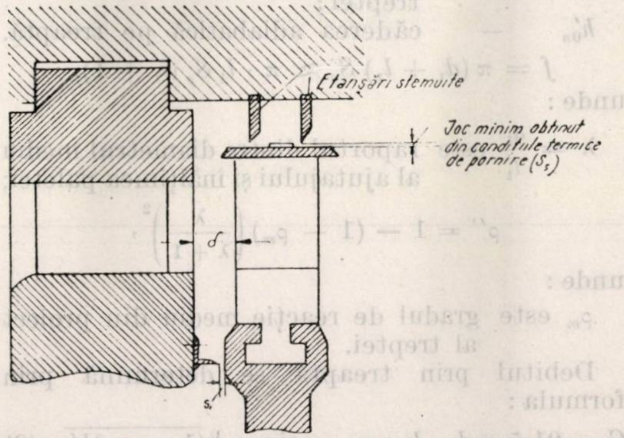

Etanșări ștemuite
Joc minim obținut din condițiile termice de pornire (S_s)
δ
S_i

Fig. 4 b. Aplicarea etanșărilor pe corpul turbinei (ștemuire).

la interstiţii δ optime a atins în experienţele lor pînă la 4%.

Din cele arătate este, deci, nesigură obţinerea unui cîştig de randament prin metodele întîia şi a doua fără experimentări minuţioase anterioare, care sînt laborioase.

Cea mai indicată metodă şi care poate fi aplicată la toate turbinele mai vechi din cadrul centralelor din R.P.R., cu un efect foarte bun, este folosirea unor etanşări radiale, care, pe lîngă faptul că reduc pierderile prin interstiţiu la cele minimale, îmbunătăţesc şi structura curentului de abur, ridicînd prin aceasta şi coeficientul de reutilizare a energiei reziduale (vitezei de ieşire) în treptele următoare, obţinîndu-se o creştere de randament de 3—4% pe treapta etanşată.

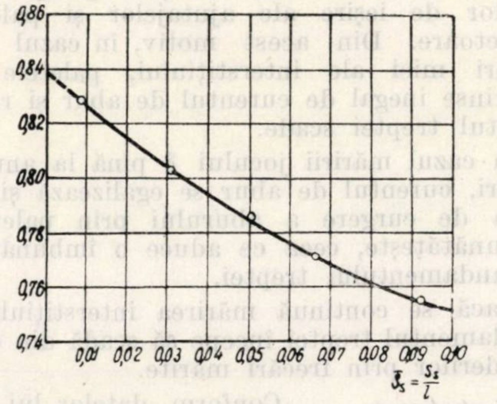


Fig. 5. Randamentul maxim $\eta_{u\,max}$ al treptei în funcţie de interstiţiul relativ.

Pentru determinarea pierderii cantităţii de abur ΔG prin interstiţiul periferic se poate folosi formula general cunoscută:

$$\Delta G = \mu f \gamma_2 \; 91{,}5 \sqrt{\rho'' h'_{0n}}, \qquad (1)$$

unde:

μ reprezintă coeficientul de debit;
γ_2 — greutatea specifică a aburului în interstiţiu;
f — secţiunea interstiţiului;
ρ'' — gradul de reacţie la periferia treptei;
h'_{0n} — căderea adiabatică pe treaptă.

$$f = \pi (d_1 + l_1) S_s \approx \pi \cdot l_1 S_s (\lambda + 1),$$

unde:

$\lambda = \frac{d_1}{l_1}$ este raportul dintre diametrul mediu al ajutajului şi înălţimea paletei;

$$\rho'' = 1 - (1 - \rho_m) \left(\frac{\lambda}{\lambda + 1}\right)^2,$$

unde:

ρ_m este gradul de reacţie mediu din proiect al treptei.

Debitul prin treaptă se determină prin formula:

$$G = 91{,}5 \, \pi \, d_1 \cdot l_1 \cdot \gamma_1 \cdot \varphi \sin \alpha_1 \sqrt{(1 - \rho_m) h'_{0n}} \qquad (2)$$

unde:

φ este coeficientul de debit al ajutajului;
γ_1 — greutatea specifică a aburului la ieşirea din ajutaje.

Prin împărţirea formulei (1) la (2) se obţine valoarea scurgerii relative a aburului prin interstiţiu

$$\overline{\Delta G} = \frac{\Delta G}{G}$$

$$\overline{\Delta G} = \frac{\mu}{\varphi} \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \frac{S_s}{d_1 \sin \alpha_1} (\lambda + 1) \cdot \sqrt{\frac{\rho''}{1 - \rho_m}},$$

sau prin înlocuiri şi eliminarea raportului $\frac{\gamma_2}{\gamma_1}$, ca fiind aproximativ egal cu 1,

$$\overline{\Delta G} = \alpha \bar{S}_s \sqrt{\left(\frac{\lambda + 1}{\lambda - 1}\right)^2 \frac{1}{1 - \rho_m} - 1},$$

unde: $\alpha = \frac{\mu}{\varphi}$ şi $\bar{S}_s = \frac{S_s}{d_1 \sin \alpha_1}$ este interstiţiul relativ.

Astfel, de exemplu, pentru trepte cu înălţimea paletelor $l_1 = 40$ mm, $S_s = 1$ mm şi $\sin \alpha_1 = 0{,}25$, se obţine $\bar{S}_s = 0{,}1$, corespunzînd pentru $\rho_m = 0$ şi $\alpha = 20$ o scurgere relativă de $\overline{\Delta G} \approx 5\%$.

O mărime asemănătoare se obţine şi în cazul treptelor cu înălţimea paletei de 200 mm,

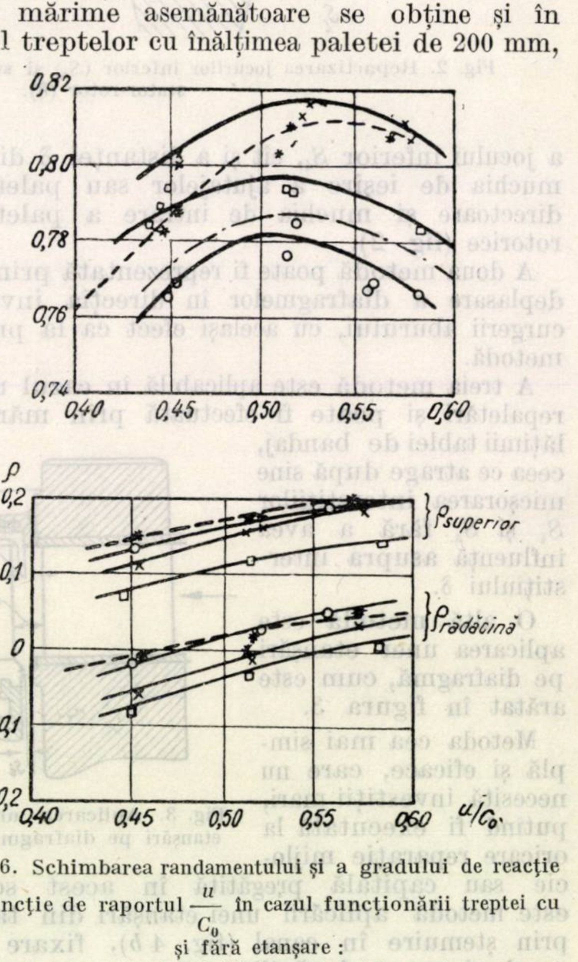


Fig. 6. Schimbarea randamentului şi a gradului de reacţie în funcţie de raportul $\frac{u}{C_0}$ în cazul funcţionării treptei cu şi fără etanşare:
× — cu etanşare la bandaj şi rădăcina paletei; ◘ — cu etanşare numai la rădăcina paletei; ○ — fără etanşări; ★ — cu absorbţie la rădăcina paletei în cazul existenţei unei etanşări la bandaj; —— curbe obţinute experimental; – – – curbe teoretice.

$\lambda = 5$ și $\varrho_m = 0$, cu un interstițiu $S_s = 3{,}5$ mm, $\sin \alpha_1 = 0{,}35$, cărora le corespunde $\overline{S}_s \approx 0{,}05$.

Deci, chiar în cazul unor palete lungi, cu valoare mică a lui λ și jocuri relativ mari S_s, cum se găsesc la turbinele de tipuri mai vechi, influența pierderilor prin interstițiu asupra randamentului poate fi egală cu pierderea prin interstițiu pentru palete scurte.

În figurile 5—6 sînt redate unele curbe experimentale privind rezultatele aplicării unor etanșări la treptele cu acțiune cu interstiții mărite.

Schimbarea randamentului maxim $\eta_{u\ max}$ al treptei în funcție de interstițiul relativ $\overline{S}_s = \frac{S_s}{l}$ este redată în figura 5, în care se observă o variație a randamentului între valorile 0,825 pentru $\overline{S}_s = 0{,}01$ pînă la 0,755 pentru $\overline{S}_s = 0{,}092$, ceea ce demonstrează necesitatea aplicării etanșărilor la treptele cu grad de reacție mic.

În figura 6 sînt redate curbele de variație a randamentului și a gradului de reacție în funcție de U/C_0 la funcționarea treptei cu și fără etanșări.

Concluzii

Avînd în vedere că fiecare procent de creștere a randamentului la unitățile instalate în centrale înseamnă, la scara întregii țări, o economie însemnată de combustibil convențional, este necesar ca la reparația turbinelor să fie introdusă modernizarea turbinelor, folosind toate elementele care pot îmbunătăți randamentul, însă avînd în vedere ca la înfăptuirea fiecărei modernizări să fie luate în considerare condițiile optime pentru obținerea unui spor maxim de randament.

Astfel, la treptele turbinelor avînd grad de reacție zero sau foarte mic, principalul factor de înrăutățire a randamentului în cazul interstițiilor mărite este scăparea aburului la extremitatea treptei.

Pentru aceste turbine, care sînt în număr destul de mare în țară, se propune montarea unor labirinți de etanșare pe stator față de bandaje; prin aceasta se ridică randamentul la aceste trepte cu 3—4%, eliminîndu-se efectul negativ de scurgere prin interstiții.

În aceste cazuri, însă, trebuie verificate jocurile minime admisibile în condițiile cele mai defavorabile ale regimului nestaționar (pornire și oprire) și care vor sta la baza determinării jocului minim, pentru a se evita atingerile posibile.

Bibliografie

[1] Varlamov, N. S. *Influența jocurilor axiale asupra randamentului treptei de turbină.* Energomașinostroenie nr. 2/1956.

[2] Kirilov, I. I. și Iablonski, R. M. *Influența jocului axial închis asupra randamentului treptei active cu paletaj cilindric.* Energomașinostroenie nr. 5/1957.

[3] Zavadovski, A. M. *Asupra problemelor scurgerilor aburului prin jocurile axiale în treapta turbinei.* Energomașinostroenie nr. 7/1957.

[4] Kirilov, I. I. ș.a. *Aerodinamika protocinoi ceast parovîh i gazovîh turbin.* Mașghiz, 1958.

[5] Schlotter, Fr. *Îmbunătățirea randamentului turbinelor cu abur prin micșorarea scăpărilor de abur de la capătul paletelor.* M.I.G. — D.G.E.E. Informații documentare, 1960.

Determinarea caracteristicilor de lucru ale unor ventile de reglare monoscaun cu difuzor pentru turbine cu abur

Ing. *N. BOBOESCU*

O dată cu evoluția construcțiilor de turbine cu abur au suferit modificări și organele de reglare a alimentării mașinii. În prezent se renunță la utilizarea ventilelor cu scaun dublu, datorită dificultăților de etanșare a două suprafețe de contact, precum și rezistențelor relativ mari ale cutiei cu nervuri, cînd ventilul este complet deschis. Tipul principal de ventil de reglare adoptat de către unele firme constructoare de turbine cu abur străine, precum și de U.C.M. Reșița, este ventilul monoscaun cu difuzor.

Pentru dimensionarea organelor de distribuție a aburului și stabilirea datelor inițiale în vederea proiectării sistemului de reglare, este necesară cunoașterea caracteristicilor de lucru. Deoarece pînă în prezent nu avem metode sigure de calcul pentru construirea acestor caracteristici, experimentarea unor profile de ventile devine obligatorie.

Prin încercările care s-au efectuat în cadrul laboratorului de turbine cu abur al Facultății de mecanică din Timișoara, s-a urmărit determinarea caracteristicilor de lucru pentru șase perechi de ventile-difuzor. S-au stabilit, de asemenea, coeficienții de pierderi în difuzor și zonele de funcționare nestabilă, care sînt funcție de forma profilului ventilului și a divergenței difuzorului și care, bineînțeles, nu se pot aprecia prin calcule. Încercările s-au efectuat în tot domeniul de curgere privind cursa ventilului și raportul presiunilor de ieșire și intrare ale fluidului, insistînd-se asupra zonei vitezelor subsonice de curgere, unde caracteristicile de consum sînt eliptice.

Organizarea și execuția standului

Pentru ca măsurătorile să se facă cît mai corect, ușor și cu o precizie corespunzătoare, s-a acordat o atenție deosebită organizării și execuției în toleranțe restrînse a ansamblului ventil-difuzor. Drept fluid de lucru s-a utilizat aerul comprimat, care conduce la o instalație mai simplă decît în cazul utilizării aburului.

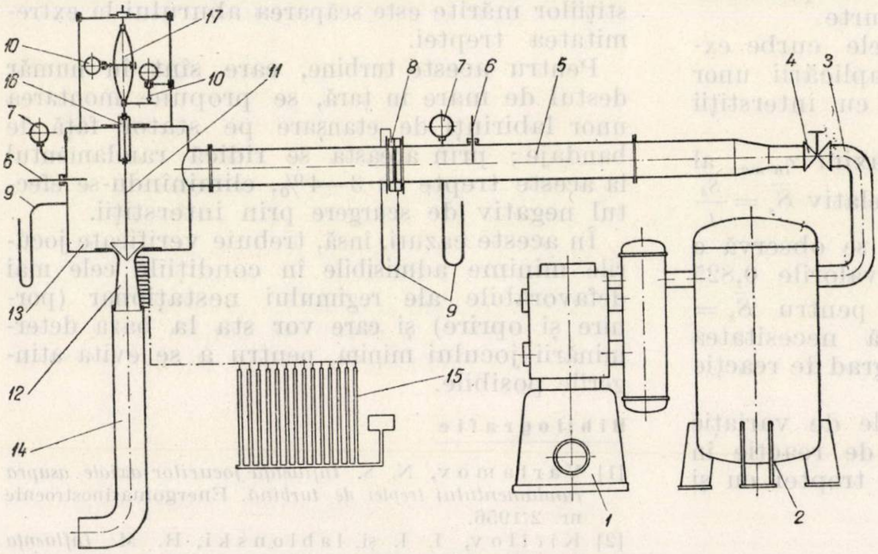


Fig. 1. Schema instalației :

1 – compresor ; *2* – rezervor-tampon ; *3* – conductă intermediară ; *4* – robinet cu ventil ; *5* – conductă de ducere ; *6* – termometru cu mercur ; *7* – manometru cu tub elastic ; *8* – diafragmă ; *9* – manometru cu tub U ; *10* – comparator ; *11* – ventil ; *12* – difuzor ; *13* – camera ventilului ; *14* – conductă de eșapare ; *15* – panou cu piezometre ; *16* – dispozitiv de ridicare ; *17* – dinamometru.

Ținînd seamă de datele din literatură [1] și [2], s-a realizat un stand (fig. 1), compus dintr-un compresor de aer cu piston de 15 m³/min la 7 ata, care livrează aerul printr-un rezervor tampon și conducta de admisie în camera ventilului, de unde prin difuzor și racordul de eșapare se evacuează în atmosferă.

Camera ventilelor, de formă cilindrică, are montat la partea inferioară un suport pentru fixarea etanșă a difuzoarelor, iar la partea superioară are flanșa de închidere, cu dispozitivul pentru ghidarea și etanșarea tijei cu presgarnitură, precum și un dispozitiv filetat pentru ridicarea și fixarea ventilului la înălțimea dorită.

S-au executat două profile de ventile (fig. 2), cu forma cupei tronconică, *S*, și cu forma cupei conică, *M*, încercîndu-se fiecare cu trei difuzoare, avînd unghiurile de divergență de 8, 10 și 12°. Execuția s-a realizat după șablon, avînd controlul prin două comparatoare fixate pe batiul și sania strungului. Verificarea s-a făcut cu ajutorul optimetrelor de precizie.

Pentru determinarea comportării unui anumit profil de ventil și difuzor, s-a păstrat aceeași lungime a difuzoarelor, realizîndu-se următoarele rapoarte între secțiunea de ieșire și intrare a lor :

$$\alpha = 8^\circ, \frac{F_2}{F_1} = 2{,}50 \,; \ \alpha = 10^\circ, \frac{F_2}{F_1} = 2{,}96 \,;$$

$$\alpha = 12^\circ, \frac{F_2}{F_1} = 3{,}48.$$

Raza de rotunjire a părții convergente a difuzorului a fost de 7 mm, ceea ce a asigurat o scurgere bună a fluidului la diferite curse ale ventilului. Montarea ansamblului s-a făcut astfel ca planul superior al difuzorului să fie la același nivel cu suprafața peretelui inferior al camerei.

Măsurarea variațiilor de presiune pe ansamblul ventil-difuzor s-a făcut prin două orificii în cameră și 14 orificii practicate pe două generatoare în lungul difuzorului, utilizîndu-se două panouri cu piezometre, unul cu apă și altul cu mercur.

Debitele s-au măsurat cu ajutorul unei diafragme etalonate, avînd drept criteriu de dimensionare debitul critic scurs prin ventilul complet deschis. Calculul diafragmei s-a făcut după datele din literatură [3], avînd $m = 0{,}5$.

Presiunile mai mari de 1 at s-au măsurat cu manometre cu tub elastic, scara 1–2,5 at și 1–6 at, cu diviziuni 1/5 at, iar temperaturile s-au măsurat cu termometre cu mercur 1–50°C cu precizia 1/10 grade.

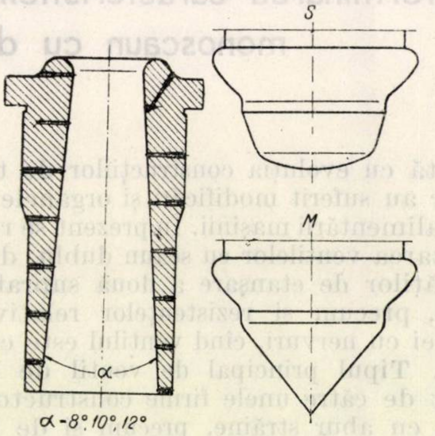


Fig. 2. Difuzoarele și cupele încercate.

În timpul experiențelor s-au mai măsurat : cursa ventilului cu un comparator de precizie 1/100 mm, umiditatea aerului, presiunea barometrică și temperatura mediului ambiant.

Mersul experiențelor

Experiențele trebuiau să evidențieze în primul rînd debitele de aer scurse la diferite curse ale ventilului și diferite rapoarte de presiuni. Pentru aceasta s-a stabilit prin încercări ca în intervalul dintre ventilul complet închis și complet deschis să se facă măsurători pentru nouă poziții de ridicare ale ventilului, anume pentru $h = 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21$ și 24 mm. În mod excepțional, pentru anumite verificări s-au făcut măsurători și la alte ridicări ale ventilului. Pentru fiecare ridicare în intervalul raportului de presiuni $p_1/p'_1 = 0{,}25-1$, s-au fixat 28 de poziții de lucru, mai apropiate în intervalul $0{,}7-1$ și mai depărtate pe porțiunea orizontală a curbei de debit.

Variația raportului p_1/p'_1 s-a făcut prin variația lui p_a — presiunea la admisie, respectiv p'_1 — presiunea din cameră, cu ajutorul unui ventil de strangulare. Fixarea ridicării ventilului se făcea cu dispozitivul de ridicare și fixare, după indicațiile comparatorului.

Pentru măsurarea repartițiilor de presiuni pe ansamblul ventil-difuzor, s-a urmărit citirea celor 14 prize de aer de pe panoul piezometric. În același timp, cu ajutorul panourilor se putea controla stabilitatea regimului de scurgere.

Încercările s-au făcut pe cele trei perechi de ventil-difuzor cu profilul S_8, S_{10} și S_{12} și pe cele trei perechi de ventile-difuzor cu profilul M_8, M_{10} și M_{12}.

Scurgerea fluidului prin ventile

Scurgerea fluidului prin ventile monoscaun cu difuzor poate fi comparată cu scurgerea prin ajutajele Laval, ale căror caracteristici geometrice sînt determinate de forma secțiunilor de intrare și ieșire ale difuzorului și de cursa ventilului.

În canalul inelar convergent, format între profilul cupei ventilului și pereții părții convergente a difuzorului, se produce o destindere intensă a fluxului de fluid, care poate atinge în secțiunea minimă viteza critică.

La o curgere uniformă, dacă în secțiunea minimă nu se va atinge viteza critică, atunci în partea divergentă a difuzorului se va produce o frînare a fluxului de fluid, respectiv va avea loc o compresiune a fluidului. Dacă, însă, în secțiunea minimă se va atinge viteza critică, atunci în partea divergentă a difuzorului este posibilă atingerea vitezelor supersonice. La aceste regimuri, presiunea se restabilește prin salturi în difuzor și apoi după difuzor, unde se produce disiparea energiei cinetice a fluidului.

În experiențele noastre, apariția presiunii critice a fost sesizată și ne-a interesat pentru marcarea zonei curbelor eliptice corespunzătoare scurgerii subsonice, de zona curbelor drepte corespunzătoare scurgerii supersonice. Punctele de trecere dintre cele două zone au fost deplasate în partea eliptică a curbelor de consum, prin manifestarea efectului difuzoric. Acestea sînt funcție de raportul de presiuni, de deschiderea fantei și de profilul ventilului-difuzor.

Raportul de presiuni la care se atinge viteza critică în secțiunea minimă a fantei inelare se stabilește cu precizie numai prin încercări. Determinarea teoretică presupune admiterea coeficienților de presiune, care variază în funcție de caracteristicile geometrice ale ansamblului ventil-difuzor. Totuși, pentru anumite tipuri de profile și difuzoare, metoda indicată de Zalf [4] este suficient de exactă pentru necesitățile practice.

Caracteristica de lucru a ventilelor

La determinarea caracteristicilor de lucru s-a pornit de la cunoașterea variației secțiunii deschise de ventil la diferite ridicări. Curbele variațiilor de secțiune s-au trasat în figura 3, pentru ventilele M și S. Totodată s-a trasat variația grosimii secțiunii inelare dintre cupa ventilului și scaunul difuzorului. Comparînd diagramele variațiilor secțiunii ventilului, constatăm că în cazul ventilului M secțiunile eliberate la aceeași ridicare a ventilului sînt mai mari decît în cazul ventilului S, unde numai de la o anumită ridicare a ventilului, de circa 12 mm, curba are o pantă mai pronunțată.

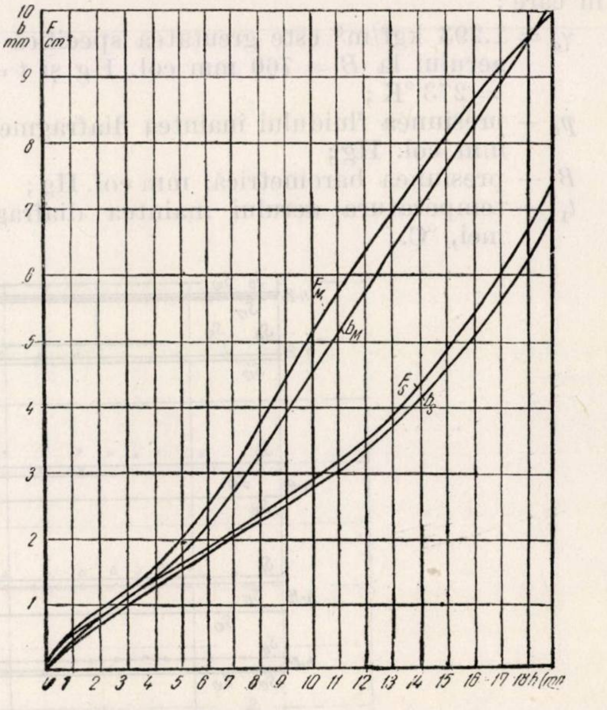


Fig. 3. Diagrama secțiunilor ventilelor M și S la diferite ridicări.

Profilul ventilului M s-a trasat pe baza teoriei menținerii canalului de scurgere format între cupa ventilului și difuzor, cît mai uniform, fără porțiuni de strangulare, asigurîndu-se în acest fel o trecere a fluidului fără perturbații.

Pentru determinarea punctelor caracteristicii de debit B la fiecare raport de presiuni și cursă a ventilului s-a folosit formula :

$$B = G/G_{cr},$$

în care G este debitul de fluid scurs prin diafragmă, în kgf/s, determinat cu relația :

$$G = \varepsilon \cdot \alpha \cdot F \sqrt{2g \cdot \gamma_1 \cdot \Delta p}, \text{ (kgf/s)}$$

$$G = \frac{1{,}252}{3.600} \varepsilon \cdot \alpha \cdot d^2 \sqrt{\gamma_1 \, \Delta p}, \text{ (kgf/s)}$$

în care :

ε este coeficient de corecție pentru expansiunea fluidului, în funcție de presiunea lui și raportul m;
α — coeficient de debit în funcție de m;
γ_1 — greutatea specifică a aerului în fața diafragmei, kgf/m³;
Δp — presiunea diferențială măsurată la diafragmă, mm col. apă.

Greutatea specifică a aerului în fața diafragmei s-a determinat cu formula :

$$\gamma_1 = \gamma_a \left(\frac{p_a + B}{760} \right) \left(\frac{273}{273 + t_1} \right),$$

în care :

$\gamma_a = 1{,}293$ kgf/m³ este greutatea specifică a aerului la $B = 760$ mm col. Hg și $t = 273$ °K;
p_a — presiunea fluidului înaintea diafragmei, mm col. Hg;
B — presiunea barometrică, mm col. Hg;
t_1 — temperatura aerului înaintea diafragmei, °C.

Consumul critic prin secțiunea gîtului complet deschisă, cu diametrul d_1, se determină cu relația :

$$G_{cr} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \varkappa \cdot \sqrt{\frac{p_1'}{\gamma_1'}} = F_1 \varkappa \sqrt{p_1' \cdot \gamma_1'}, \text{ (kgf/s)}$$

în care :

F_1 este secțiunea minimă a difuzorului, cm²;
p_1' — presiunea fluidului în camera ventilului, at;
γ_1' — greutatea specifică a fluidului în camera ventilului, kgf/m³;
$\varkappa = 0{,}0214$ — pentru aer.

Greutatea specifică a fluidului din camera ventilului s-a determinat astfel :

$$\gamma_1' = \gamma_1 \frac{273 + t_1}{273 + t_c}, \text{ (kgf/m}^3\text{)}$$

în care t_c este temperatura aerului din camera ventilului, sensibil mai ridicată ca t_1.

Cu aceste elemente măsurate s-au calculat valorile lui $B = f(p_1/p_1')$ pentru fiecare ridicare a ventilului.

Rezultatele obținute

În diagramele din figurile 4 și 5 s-au trasat caracteristicile perechilor de ventile-difuzor pentru domeniul propus.

S-a constatat că, deși s-a reluat o serie de experiențe pentru verificarea anumitor puncte sau domenii de lucru, rezultatele obținute au fost aceleași, ceea ce se poate observa și din analiza diagramelor. Partea eliptică a curbelor diferă ca poziție a punctelor de trecere de la orizontală, mai puțin cu modificarea deschiderii

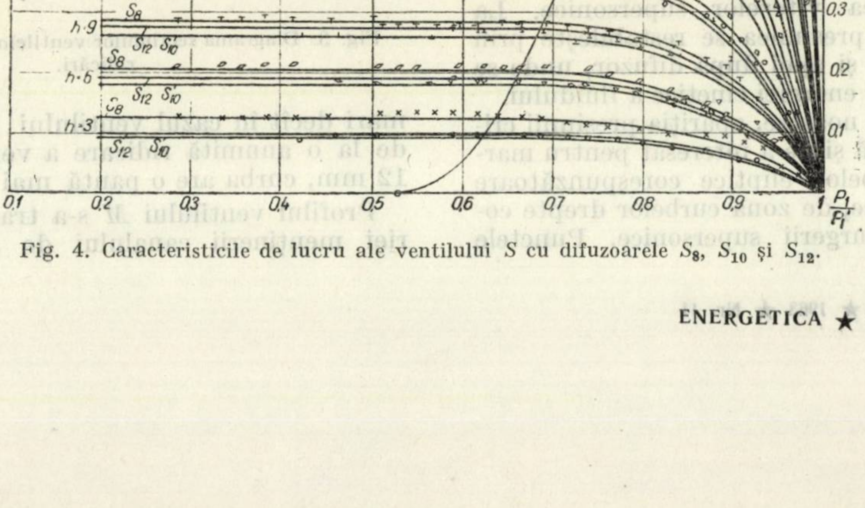


Fig. 4. Caracteristicile de lucru ale ventilului S cu difuzoarele S_8, S_{10} și S_{12}.

difuzorului și mai mult cu modificarea cupei ventilului.

În figura 4 s-au trasat caracteristicile de lucru ale ventilului S, cu difuzoarele S_8, S_{10} și S_{12}. Din compararea rezultatelor se observă că la ridicări mici și mari ale ventilului curbele sînt foarte apropiate. La $h = 24$ mm, deci la deschiderea completă, diferențele sînt neglijabile. În pozițiile medii ale cupei-ventil, curbele de consum sînt mai distanțate.

De observat că la aceleași rapoarte de presiuni și curse ale ventilului, curba de lucru a ventilelor S_8 și S_{12} alternează. Deci, după aceste experiențe rezultă că profilul ventilului S se potrivește mai bine cu difuzorul S_8.

În figura 5 s-au trasat caracteristicile de lucru ale ventilului M, cu difuzoarele M_8, M_{10} și M_{12}. Și aci se observă că la ridicări mici și mari diferențele dintre nivelele curbelor sînt neglijabile, iar la ridicări medii ale ventilului curbele sînt mai depărtate. Aceasta se explică prin influența unghiului de deschidere al difuzorului asupra valorii debitului scurs, care, în cazul ridicărilor mici și în zona ridicărilor maxime, nu are o influență sensibilă, cum apare în cazul ridicărilor medii.

chisă, care în cazul ventilului S este de $h = 24$ mm, iar în cazul ventilului M este de $h = 21{,}5$ mm.

În ceea ce privește efectul difuzoric, măsurătorile arată că ele sînt mai pronunțate în cazul ventilului S decît la ventilul M.

Din analiza caracteristicilor de debit rezultă că ventilele cu profilul S permit o reglare fină a fluidului la începutul ridicării, după care avem o admisie intensă, față de ventilul M, care într-o zonă mai restrînsă permite o reglare fină, iar pe tot restul — proporțională cu ridicarea ventilului.

În ceea ce privește stabilitatea ventilului, s-au constatat, la ambele profile, zone de perturbații, a căror consecință s-a transformat în vibrații ale ansamblului.

La ventilul cu profilul S, zona de nestabilitate s-a observat în intervalul:

$$\text{la } h = 6 \text{ mm și } \frac{p_1}{p_1'} = 0{,}4 - 0{,}53\,;$$

$$\text{la } h = 9 \text{ mm și } \frac{p_1}{p_1'} = 0{,}370 - 0{,}577\,;$$

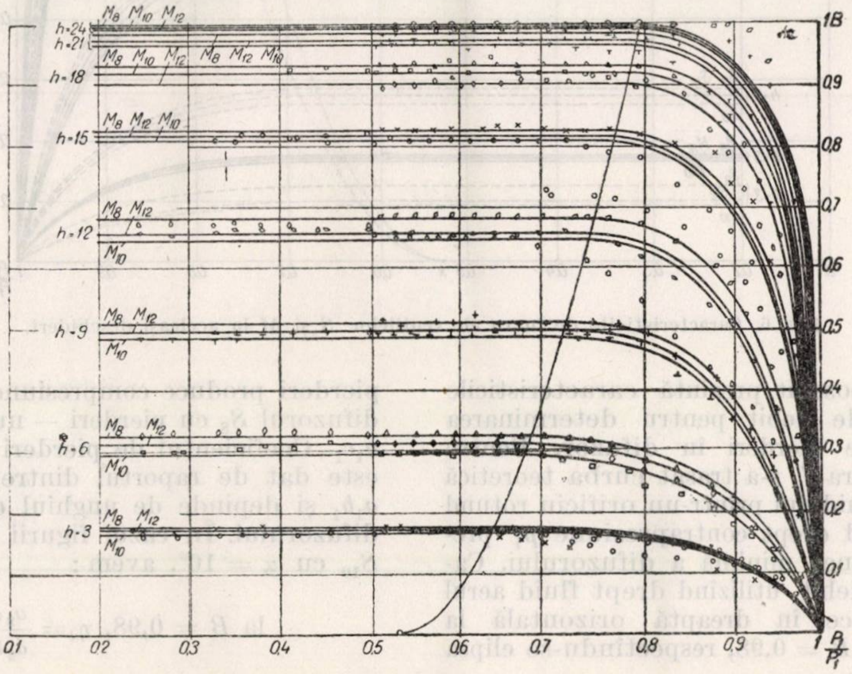


Fig. 5. Caracteristicile de lucru ale ventilului M cu difuzoarele M_8, M_{10} și M_{12}.

În figura 6 s-au trasat, la aceleași curse ale ventilului, caracteristicile de lucru pentru ambele cupe-ventil, cu toate difuzoarele. Comparînd curbele de lucru în cele două cazuri, rezultă valori cu mult superioare în cazul ventilului M față de ventilul S. Astfel se ajunge ca valorile realizate de ventilul S la o ridicare de $h = 15$ mm să fie inferioare celor realizate de ventilul M la o ridicare de $h = 9$ mm. De menționat este valoarea cursei ventilului complet des-

$$\text{la } h = 12 \text{ mm și } \frac{p_1}{p_1'} = 0{,}455 - 0{,}560.$$

La ventilul cu profilul M, zona de nestabilitate s-a plasat mai sus, după cum urmează:

$$\text{la h} = 12 \text{ mm și } \frac{p_1}{p_1'} = 0{,}485 - 0{,}505\,;$$

$$\text{la } h = 15 \text{ mm și } \frac{p_1}{p_1'} = 0{,}500 - 0{,}632\,;$$

$$\text{la } h = 18 \text{ mm și } \frac{p_1}{p_1'} = 0{,}565 - 0{,}700\,;$$

$$\text{la } h = 21 \text{ mm și } \frac{p_1}{p_1'} = 0{,}595 - 0{,}625.$$

Vibrațiile ventilului în aceste zone au fost mai puternice la tipul M și acestea se datoresc probabil vîrfului ascuțit al ventilului.

Pentru alegerea profilului de ventil este necesar ca, în concordanță cu sarcina care-i revine în procesul de reglare, să se țină seamă de aceste zone de nestabilitate.

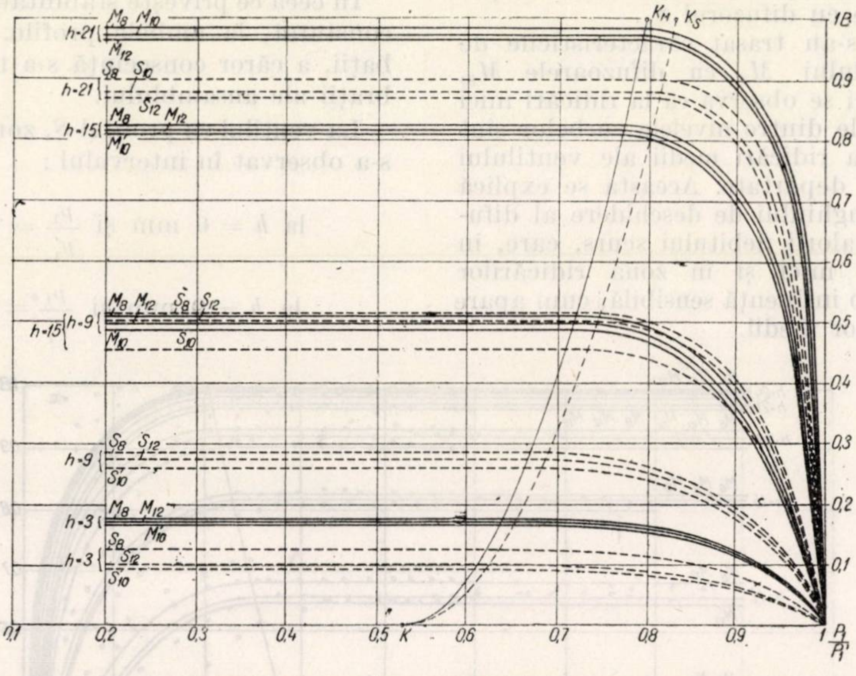


Fig. 6. Caracteristicile de lucru ale ventilelor S și M la aceleași deschideri.

Un interes deosebit prezintă caracteristicile experimentale de debit pentru determinarea coeficienților de pierderi în difuzor. Pentru aceasta, în figura 7 s-a trasat curba teoretică de scurgere a fluidului printr-un orificiu rotund (curba A), luînd drept contrapresiune p_1 presiunea în secțiunea minimă a difuzorului. Caracteristica de debit, utilizînd drept fluid aerul comprimat, trece în dreaptă orizontală la $p_{cr}/p_i' = 0{,}53$ și $B = 0{,}98$, respectîndu-se elipsa lui Bendemann :

$$\frac{B^2}{0{,}98^2} + \frac{\left(\frac{p_1}{p_i'} - \frac{p_{cr}}{p_i'}\right)^2}{\left(1 - \frac{p_{cr}}{p_i'}\right)^2} = 1.$$

Dacă, însă, drept contrapresiune p_1 se consideră presiunea din secțiunea finală, atunci pentru un difuzor fără pierderi avem curba E, obținută prin mărirea valorilor B ale curbei A, în raportul suprafețelor secțiunii finale cu cea minimă F_2/F_1. Creșterea curbei E este limitată de debitul maxim care se poate scurge prin secțiunea minimă a difuzorului, adică se oprește la $B = 0{,}98$.

Datorită existenței pierderilor în difuzor, în realitate nu obținem presiunile corespunzătoare de pe curba E, ci unele mai mici, cuprinse în intervalul dintre curbele A și E.

În figura 7 s-au trasat caracteristicile experimentale ale ventilelor S_8, S_{10} și S_{12} la ridicările de $h = 12$ mm, 18 mm și 24 mm, realizîndu-se presiuni mai scăzute în secțiunea finală. Astfel, dacă ne referim la $B = 0{,}98$, difuzorul S_8 fără pierderi produce compresiunea a_1b_1, în timp ce difuzorul S_8 cu pierderi — numai compresiunea a_1c_1. Coeficientul de pierderi ale difuzorului S_8 este dat de raportul dintre segmentul a_1c_1 și a_1b_1 și depinde de unghiul de deschidere α al difuzorului. În cazul figurii 7, pentru difuzorul S_{10} cu $\alpha = 10°$, avem :

$$\text{la } B = 0{,}98,\ \eta_d = \frac{a_2c_2}{a_2b_2} = 0{,}66\,;$$

$$\text{la } B = 0{,}8,\ \eta_d = \frac{a_5c_5}{a_5b_5} = 0{,}87\,;$$

$$\text{la } B = 0{,}9,\ \eta_d = \frac{a_4c_4}{a_4b_4} = 0{,}79.$$

În general, pentru ventilele experimentate, valorile coeficienților de pierderi au variat între 0,78 și 0,90, cu excepția porțiunii de curbă între $B = 0{,}96$ și 0,98, cînd viteza în secțiunea finală a difuzorului se apropie de viteza sunetului și coeficienții de pierdere scad pînă la 0,65.

Coeficienții de pierdere se măresc cu unghiul de deschidere al difuzorului pînă la $\alpha = 10°$, după care, o dată cu creșterea lui α, coeficienții scad sensibil.

La aceleași ridicări ale ventilului și aceleași valori ale lui B s-a observat că pierderile relative în ventilul S sînt mai mari ca în ventilul M, deoarece debitul realizat de cel din urmă este superior.

În zona părții eliptice a curbelor, coeficientul de pierderi se micșorează pe măsura închiderii ventilului. Cînd $\mu = F/F_1$ (F fiind secțiunea realizată dintre cupă și difuzor, reprezentată în figurile 3 și 4) tinde spre zero, și coeficienții de pierderi η_d se apropie de zero.

Concluzii

Lucrarea de față aduce o contribuție la cunoașterea comportării ventilului de reglare monoscaun cu difuzor prin următoarele :

a) S-au trasat pe baza unui număr mare de experiențe caracteristicile de lucru pentru cele șase perechi de ventile-difuzor, care permit cunoașterea și orientarea proiectanților în alegerea acestora.

b) Dintre cele două profile studiate se constată, prin măsurători, că tipul S permite o reglare mai fină în zona deschiderilor minime, în timp ce ventilul M este mai potrivit în cazul deschiderilor medii și cînd este necesar ca debitul să crească mai repede în funcție de cursă.

c) S-au sesizat domeniile de nestabilitate a ventilelor încercate, de care trebuie ținut seamă la stabilirea liniei de funcționare.

d) S-au determinat coeficienții de pierderi în difuzoare, care sînt necesari pentru trasarea caracteristicilor de lucru la ventile cu profile asemănătoare.

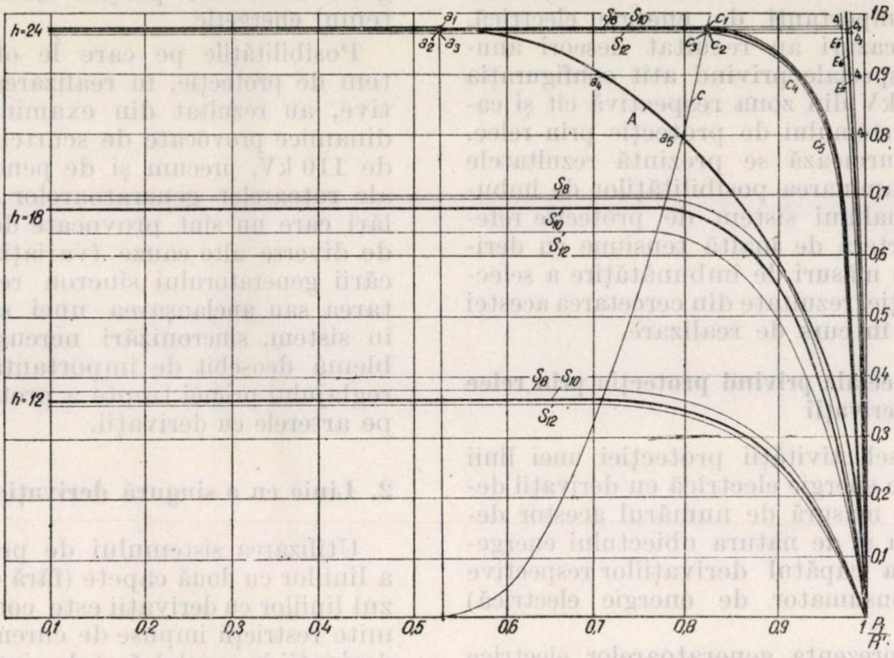


Fig. 7. Caracteristicile de lucru teoretice și experimentale ale ventilului S.

O concluzie generală, care se desprinde din măsurătorile efectuate, este aceea că alura caracteristicilor de lucru variază în funcție de profilul ventilului și al difuzorului și că o proiectare judicioasă a acestor organe nu se poate face decît pe bază de măsurători de laborator.

Bibliografie

[1] Zilberman, A. C. *Cercetarea elementelor turbinelor cu abur și gaze și a compresoarelor axiale.* Mașghiz 6, Moscova – Leningrad, 1962.

[2] * * * Energietechnik nr. 9/1959, p. 397.

[3] Giulea, A. și Olariu, C. *Măsurarea debitelor cu ajutorul diafragmei.* Editura tehnică.

[4] Zalf, G. A. și Zveaghințev, V. V. *Calculul termic al turbinelor cu abur.* Mașghiz, 1961.

Probleme privind reglajul şi selectivitatea protecţiei de distanţă a liniilor cu derivaţii

Ing. *G. MORAITE*

Problema asigurării unei protecții prin relee selective, în rețeaua de înaltă tensiune a sistemului nostru energetic, devine deosebit de complexă în situațiile în care pe liniile de 110 kV apar derivații, prin intermediul cărora sînt interconectate la sistem centrale electrice sau consumatori importanți de energie electrică. În astfel de cazuri au rezultat deseori anumite condiții speciale privind atît configurația rețelei de 110 kV din zona respectivă cît și caracteristicile sistemului de protecție prin relee. În cele ce urmează se prezintă rezultatele obținute în examinarea posibilităților de îmbunătățire a actualului sistem de protecție referitoare la o arteră de înaltă tensiune cu derivații. Anumite măsuri de îmbunătățire a selectivității protecției rezultate din cercetarea acestei probleme sînt în curs de realizare.

1. Probleme speciale privind protecția prin relee a liniilor cu derivații

Asigurarea selectivității protecției unei linii de transport de energie electrică cu derivații depinde în mare măsură de numărul acestor derivații, precum și de natura obiectului energetic conectat la capătul derivațiilor respective (sursă sau consumator de energie electrică) [1], [2].

În special, prezența generatoarelor electrice la capătul acestor derivații influențează în mare măsură fenomenele dinamice provocate de scurtcircuite în rețeaua de 110 kV, conducînd, în anumite situații, la funcționarea neselectivă a protecției respective, în sensul deconectării unor circuite fără defect [3], [4].

În cele ce urmează se prezintă o astfel de situație în cadrul unei analize a condițiilor de funcționare a protecției prin relee ale unei linii cu derivații din rețeaua de înaltă tensiune, fiecare derivație realizînd interconectarea la sistem a unei centrale electrice.

Folosirea actualului sistem de protecție (protecție de distanță care realizează deconectarea circuitelor cu defect la 0,2 — 0,3 s, corespunzător primei trepte de temporizare, și la 1 — 1,2 s, corespunzător celei de-a doua trepte), impune anumite modificări ale schemei rețelei de înaltă tensiune în configurația ei inițială, realizată înaintea introducerii unor derivații suplimentare, modificări menite să realizeze o îmbunătățire a selectivității protecției și la asigurarea continuității în alimentarea cu energie electrică a unor consumatori importanți.

Introducerea, în viitor, a sistemului de protecție utilizînd canale de înaltă frecvență pe artera de 110 kV la care ne referim, va realiza în plus o funcționare selectivă a protecției și în cazuri de avarii suprapuse sau în cazul cînd defectele în rețeaua de 110 kV din zona respectivă au loc în situații în care sistemul energetic local este parțial interconectat cu sistemul energetic.

Posibilitățile pe care le oferă actualul sistem de protecție, în realizarea protecției selective, au rezultat din examinarea fenomenelor dinamice provocate de scurtcircuite în rețeaua de 110 kV, precum și de pendulări accidentale ale rotoarelor generatoarelor din zonă, pendulări care nu sînt provocate de scurtcircuite, ci de diverse alte cauze (variația bruscă a încărcării generatorului sincron respectiv, deconectarea sau anclanșarea unei sarcini importante în sistem, sincronizări nereușite etc.). O problemă deosebit de importantă este și aceea a reglajului primei trepte a protecției de distanță pe arterele cu derivații.

2. Linie cu o singură derivație

Utilizarea sistemului de protecție prin relee a liniilor cu două capete (fără derivații) și în cazul liniilor cu derivații este condiționată de anumite restricții impuse de curenții care rezultă pe derivații în cazul defectelor interne sau externe. Sistemul actual de protecție de distanță pe liniile fără derivații acționează în funcție de mărimea tensiunii și a curentului din punctul respectiv, precum și de decalajul între curent și tensiune. În cazul cînd pe linia respectivă apar derivații, realizarea protecției selective utilizînd relee de distanță devine anevoioasă și în anumite situații imposibilă [1].

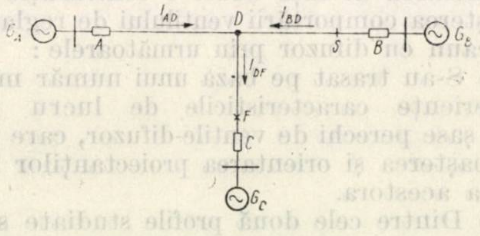


Fig. 1. Linie *AB* de transport de energie electrică, cu o derivație *DC*.

În figura 1 este prezentată o schemă a unei linii *AB* cu o derivație *DC*. Protecția de distanță este prevăzută în stațiile *A*, *B* și *C*. Se examinează în ce măsură protecția din *A* și *B* acționează selectiv în cazul defectelor pe derivația *DC*.

Să considerăm că prima treaptă a protecției de distanță din A și B este reglată la aproximativ 80% din lungimea liniei AB (care corespunde porțiunii AS, fig. 1).

Dacă impedanța corespunzătoare derivației DC este mai mică decît cea a porțiunii de linie DS, atunci prima treaptă a protecției de distanță din A se va extinde după întreruptorul C. Dacă se pune condiția ca protecția din A să nu acționeze la defecte care au loc în spatele punctului C (spre barele generatorului G_c), selectivitatea protecției nu este asigurată. Dacă nu este posibilă reducerea primei trepte a protecției de distanță din A, atunci singura soluție posibilă, păstrînd sistemul de protecție respectiv, este creșterea raportului de transformare a transformatorului de curent din A.

Reglajul primei trepte a protecției de distanță este mai dificil atunci cînd porțiunea DC este mult mai lungă decît, de exemplu, porțiunea DS. În acest caz, prima treaptă a protecției din A se va extinde numai asupra unei porțiuni reduse a derivației DC. În această situație, defectele de pe derivația DC vor putea conduce la acționarea protecției din A sau B, corespunzător treptei a doua de temporizare.

Aceasta poate fi tolerat în situațiile în care, pentru aceste defecte, nu pot rezulta posibile deconectări ale unor grupuri generatoare importante conectate la barele A sau B, datorită fenomenelor de instabilitate dinamică sau pendulărilor periculoase ale acestor generatoare, care să conducă în continuare la debuclări ale rețelei de înaltă tensiune din spatele barelor A și B [3], [4].

Nu este recomandabilă extinderea treptei a doua de temporizare a protecției de distanță din A deoarece, în acest caz, se poate ajunge la deconectări ale liniei AB (la un timp corespunzător treptei a doua), la defecte în rețeaua de înaltă tensiune din spatele barei B, ceea ce, în general, nu poate fi tolerat.

Reglajul protecției de distanță din A depinde și de faptul dacă în B avem sursă sau consumator de energie electrică. Astfel, dacă la barele A și B sînt interconectate generatoare electrice, la un scurtcircuit trifazat în F, curenții I_{AB} și I_{BD} au sensul indicat în figura 1. În acest caz, releul din A măsoară impedanța Z_A, a cărei mărime rezultă din relațiile utilizate în mod curent în determinarea reglajului protecției respective :

$$I_{AD} + I_{BD} = I_{DF}$$

și

$$U_A = Z_{AD} \cdot I_{AD} + Z_{DF} \cdot I_{DF}\,.$$

Prin urmare :

$$Z_A = \frac{U_A}{I_{AD}} = Z_{AD} + Z_{DF}\left(1 + \frac{I_{BD}}{I_{AD}}\right).$$

Impedanța $Z_{DF}(1+I_{BD}/I_{AD})$ poate fi considerată ca impedanța aparentă a porțiunii de linie DF față de releul din A.

În funcție de valoarea raportului I_{BD}/I_{AD}, această impedanță aparentă poate avea valoarea minimă Z_{DF} sau o valoare mult mai mare. Dacă $I_{BD} = I_{AD}$, atunci $Z_A = Z_{AD} + 2Z_{DF}$, și în acest caz releul din A nu va acționa la un timp corespunzător primei trepte a protecției de distanță din A, în cazul că aceasta a fost reglată corespunzător impedanței $Z_{AD} + Z_{DC}$.

Majorarea impedanței aparente Z_A datorită aportului din A și B în cazul unui scurtcircuit pe derivația DC, și reglajul în consecință al releului corespunzător din A, poate face ca sistemul de protecție să devină deosebit de sensibil la încărcări importante ale arterei AB (acționare la suprasarcină) sau la fluctuații ale acestei încărcări [4].

Pe de altă parte, dacă la barele B sînt interconectate generatoare și derivația DC este relativ lungă, iar protecția de distanță din A și B este astfel reglată, încît să nu acționeze la supraîncărcări (în jurul limitei termice) ale arterei AB, atunci la anumite defecte pe derivația DC transportul pe artera AB este perturbat în mare măsură, deoarece protecția din A și B ar putea să nu sesizeze aceste defecte. Dacă se realizează sensibilizarea acestei protecții, se poate ajunge la declanșări intempestive ale liniei în cazul unor fluctuații nepericuloase (din punctul de vedere al stabilității statice și dinamice) ale puterii transportate.

În reglajul protecției de distanță din A și B trebuie avute în vedere diverse regimuri de funcționare atît la sarcina maximă a sistemului cît, mai ales, la sarcina minimă. Într-adevăr, după cum rezultă din cele de mai sus, deconectarea unor grupuri generatoare din A sau B conduce la scăderea curenților de defect I_{AD} sau $_{BD}I$ (fig. 1), ceea ce contribuie la variația în limite mari a impedanței Z_A (sau, respectiv, Z_B).

În cazul în care la barele B nu sînt conectate generatoare, ci consumatori de energie electrică, curentul de defect I_{BD} are sens invers față de cazul precedent. Prin urmare, curentul sarcinii din B contribuie la scăderea impedanței Z_A, ceea ce poate influența sensibil reglajul primei trepte a protecției de distanță din A.

Cele menționate sînt avute în vedere la proiectarea și reglajul protecției de distanță, dar în general în calculele respective se neglijează atît sarcina activă și reactivă din sistem cît și efectul pendulării rotoarelor generatoarelor sincrone din zonă, în timpul regimurilor dinamice provocate de scurtcircuite. Dacă în cazul liniilor radiale cu simplu circuit neglijarea acestor elemente nu poate conduce la soluții necorespunzătoare, proiectarea protecției prin relee a arterelor din rețelele buclate de înaltă tensiune, și în special a arterelor cu dublu circuit, trebuie să se bazeze pe asemenea calcule aprofundate, deoarece numai în modul acesta se realizează o alegere judicioasă a caracteristicii $R-X$ a protecției de distanță și a caracteristicii elementului direcțional. Neglijarea sarcinii și a deplasării relative a rotoarelor generatoarelor mari în determinarea variației impedanței aparente, în timpul regimurilor dinamice provocate de scurtcircuite (în special scurtcircuite simetrice și bifazice cu pămînt), poate conduce, așa cum va rezulta în cele ce urmează, la adoptarea unui sistem de protecție necorespunzător ca selectivitate. În special, în situațiile în care la capetele arterei cu dublu circuit sau liniei cu derivații există surse puternice, electric apropiate, este necesar să se urmărească variația impedanței aparente (ca modul și argument), sesizată de protecția de distanță de la capetele liniei, în timpul acelor regimuri dinamice în care circuitele cu defect sînt deconectate de la un capăt în prima treaptă de temporizare, iar de la celălalt capăt în cea de-a doua treaptă. Aceste situații — care pot fi considerate ca cele mai defavorabile în ceea ce privește selectivitatea protecției de distanță — trebuie examinate ținînd seamă de diverse moduri de interconectare a rețelei de înaltă tensiune din zonă.

În cazul în care se adoptă, pe liniile cu derivații, o protecție care utilizează canale de înaltă frecvență, siguranța și selectivitatea sistemului de protecție sînt în general mult mărite. În felul acesta, la anumite defecte pe derivația DC, pot fi deconectate practic simultan, la un timp de maximum 0,2 s, întreruptoarele din A, B și C. La defecte care au loc în spatele barelor A, B, respectiv C, deconectează numai întreruptorul din apropierea defectului, comandîndu-se în același timp blocarea celorlalte două întreruptoare ale liniei cu derivații.

Dar și în cazul adoptării sistemului de protecție prin înaltă frecvență este necesar a se analiza în detaliu condițiile specifice de funcționare a rețelei respective în regimuri de avarii caracteristice și în diverse configurații ale sistemului energetic (diverse moduri de interconectare posibile), pentru a putea face o justă alegere a caracteristicilor protecției, de exemplu în ceea ce privește caracteristica $R-X$ a elementului de măsură, precum și caracteristica elementului direcțional. De asemenea este indicat să se urmărească evitarea acționării protecției în cazul oscilațiilor de anumită mărime a puterilor pe linie, oscilații care nu ar putea provoca debuclări de rețea sau deconectări de grupuri. În felul acesta s-a ajuns ca în exploatare [1] să se folosească anumite caracteristici $R-X$ ale protecției care utilizează relee de impedanță și direcționale (în cazul transmiterii impulsiunilor de deconectare prin înaltă frecvență), cum ar fi de exemplu cele indicate în figura 2.

Se remarcă în general tendința de limitare a zonei caracteristicii elementelor direcționale care corespunde situației în care releul respectiv deblochează protecția (zona hașurată), limitare prin care se urmărește îmbunătățirea selectivității.

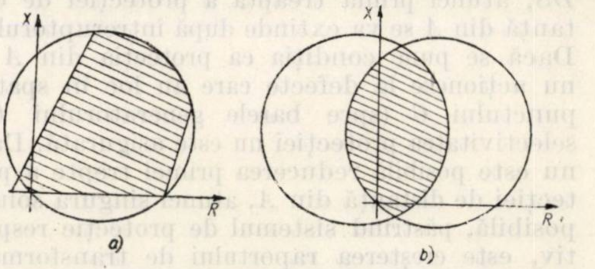


Fig. 2. Caracteristicile de funcționare a protecției de distanță, cu relee de impedanță și elemente direcționale, în cazul transmiterii impulsului prin canale de înaltă frecvență.

Menționăm, de asemenea, faptul că și în cazul introducerii protecției prin înaltă frecvență la liniile cu o singură derivație există dificultăți în realizarea protecției selective în cazul cînd cele trei porțiuni de linie: AD, BD și DC (fig. 1) sînt de lungimi mult diferite între ele, de exemplu cînd porțiunea BD este mult mai mare decît porțiunile AD și DC. Analiza detaliată a comportării actualelor sisteme de protecție prin înaltă frecvență, în cazul liniilor cu derivații, nu face obiectul articolului de față.

În cazul utilizării sistemului de protecție care se bazează pe compararea fazei tensiunii, sensibilitatea protecției este în general mai redusă decît în cazul folosirii protecției direcționale, în special cînd liniile au mai multe derivații.

Dificultățile în realizarea protecției selective a liniilor cu mai multe derivații apar și în cazul cînd prin aceste derivații sînt conectați la sistem consumatori importanți. În aceste cazuri, asigurarea acționării eficiente a protecției la defecte în transformatoarele de mare putere, prin care se alimentează consumatorii, devine o problemă deosebit de complexă. În cazul arterelor importante, care au derivații, poate rezulta uneori necesar ca la defecte în transformatoarele de pe derivații să fie deconectată de la ambele capete linia respectivă, reanclanșarea ei urmînd să aibă loc după separarea de sistem a transformatorului cu defect.

*

Din punctul de vedere al selectivității și siguranței în exploatare, pe care o prezintă sistemele de protecție utilizate în cazul liniilor cu derivații, este recomandabil a se evita configurațiile de rețea în care rezultă mai mult de o singură derivație. Și în aceste situații, relativ simple, este necesar a se examina condițiile de funcționare specifice arterei respective, ținînd seamă de influența sistemului energetic interconectat, astfel încît caracteristicile sistemului de protecție acceptat să corespundă unor situații reale

3. Examinarea funcționării protecției pe o linie cu dublu circuit de 110 kV, cu derivații

În rețeaua de înaltă tensiune a țării noastre există linii de 110 kV cu o derivație, care în general nu pun probleme speciale în ceea ce privește realizarea protecției selective, deoarece derivațiile respective sînt de mică lungime, iar generatoarele ale căror pendulări ar putea contribui la acționarea neselectivă a protecției sînt electric depărtate.

Există totuși situații care necesită o analiză detaliată a comportării sistemului actual de protecție a unor linii cu derivații, analiză din care poate rezulta atît necesitatea introducerii unor modificări în schema de conexiuni a rețelei de 110 kV din zonă, cît și anumite caracteristici de funcționare a protecției prin relee.

În cele ce urmează se prezintă analiza funcționării protecției referitoare la o arteră de 110 kV cu dublu circuit, cu derivații prin care se interconectează cu sistemul centrale electrice și un consumator important. În figura 3 este prezentată schema electrică de principiu a rețelei de 110 kV din zonă, așa cum a fost realizată în faza inițială. Artera de 110 kV cu dublu circuit realizează interconexiunea directă dintre stațiile de 110 kV *A* și *B*. Generatorul echivalent *A* reprezintă o centrală locală cu grupuri de 25 și 50 MW, iar S_1 reprezintă o parte a sistemului energetic care este interconectat la barele *A* printr-o linie de 110 kV cu simplu circuit. S_2 reprezintă o altă parte a sistemului energetic interconectat la barele de 110 kV ale stației *B*. Pe artera de 110 kV dintre stațiile *A* și *B* există patru derivații prin care se interconectează trei centrale electrice: *D*, *E* și *C*.

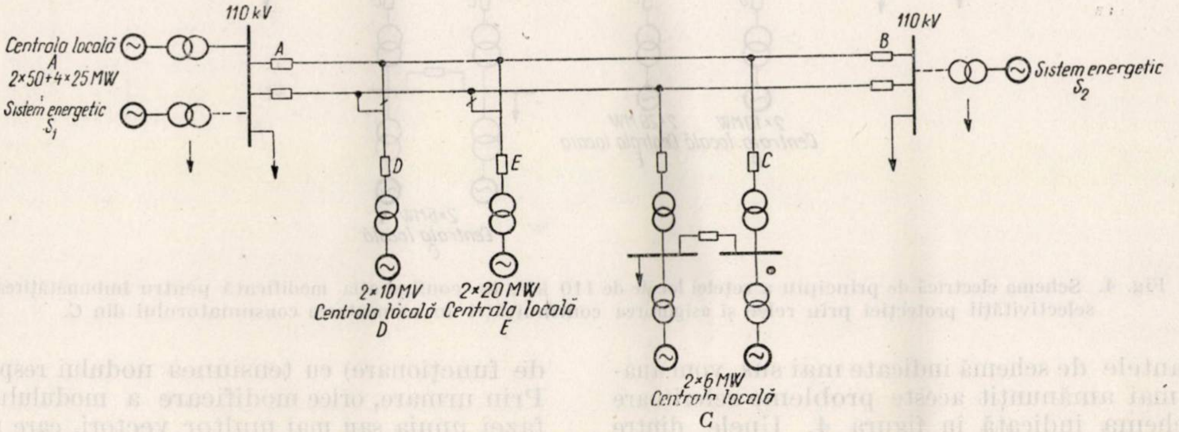


Fig. 3. Schema electrică de principiu a rețelei locale de 110 kV în configurația inițială.

Prin stația *C* se alimentează un consumator important de energie electrică. Centralele *D* și *E* pot fi conectate la oricare din cele două circuite ale arterei *AB*. Schema indicată în figura 3 prezintă următoarele caracteristici din punctul de vedere al realizării protecției selective prin relee.

Utilizînd sistemul de protecție existent (protecție de distanță cu relee tip RD 7), rezultă, așa cum s-a arătat la pct. 2, toate dezavantajele liniilor care au mai multe derivații (în cazul de față, cîte două derivații pe fiecare dintre cele două circuite ale arterei *AB*). Aceasta în special datorită faptului că derivațiile spre stația *C* de 110 kV sînt relativ lungi și din această cauză scurtcircuitele pe aceste derivații sînt eliminate din *A* în treapta a doua. Din această cauză pot rezulta fluctuații mari de putere pe artera *AB*, datorită pendulărilor puternice ale rotoarelor generatoarelor din centralele *A*, *D* și *E*, rezultînd condiții favorabile deconectării prin protecția de distanță din *A* sau *B* și a circuitului fără defect [3]. În felul acesta se întrerupe alimentarea unei părți însemnate din receptoarele care intră în componența cosumatorului din *C*. De asemenea se întrerupe interconectarea cu sistemul a centralelor *D* și *E*, care rămîn astfel practic fără sarcină.

Asemenea situații pot rezulta în exploatare și în cazul unui scurtcircuit trifazic sau al unui scurtcircuit bifazic la pămînt pe unul din circuitele arterei *AB*, în apropierea stației *B*, în special în situația în care linia de interconexiune a sistemului S_1 cu stația *A* nu este în funcțiune.

Posibilitatea funcționării neselective a actualului sistem de protecție din această zonă există și în cazul defectelor în transformatoarele de 110 kV din *D* și *E*, cînd acționează protecția de distanță din *A* și *B* la un timp corespunzînd primei trepte. La defecte pe artera *AB*, protecția din *D* și *E* acționează în treapta a doua, datorită faptului că centralele *D* și *E* sînt apropiate electric de stația *A*.

Îmbunătățirea selectivității protecției prin relee în rețeaua de 110 kV, la care ne referim, prin adoptarea unui sistem de protecție prin înaltă frecvență, care să asigure protecția selectivă în patru puncte simultan (*AECB* și *ADCB*), nu prezintă suficientă siguranță în exploatare, așa cum s-a menționat la pct. 2.

Dintre neajunsurile pe care le prezintă actualul sistem de protecție prin relee din această zonă, în configurația de schemă prezentată în figura 3, cel mai important este neasigurarea continuității în alimentare a consumatorului din stația C.

Evident, schema rețelei de 110 kV din zona examinată, care ar prezenta cele mai importante avantaje în ceea ce privește îmbunătățirea selectivității actualului sistem de protecție pe artera $A-B$ (fig. 3), ar putea fi obținută prin realizarea unei linii suplimentare de 110 kV, care să interconecteze centralele D și E la barele de înaltă tensiune ale stației A, precum și realizarea unei legături cu „intrare—ieșire" a celor două circuite ale arterei AB, în stația C. Aceasta necesită însă, în cazul de față, realizarea a circa 30 km linie de 110 kV și echiparea a trei celule de 110 kV.

De asemenea s-ar putea realiza numai linia suplimentară de 110 kV, $A-D-E$, indicată mai sus fără alte modificări ale schemei prezentate în figura 3.

În sfîrșit, una dintre variantele de schemă a rețelei de 110 kV din zona la care ne referim, a cărei realizare nu necesită investiții, este prezentată în figura 4. Deoarece problemele privind realizarea protecției selective prin relee sînt mai complexe în acest caz, în comparație cu variantele de schemă indicate mai sus, vom analiza mai amănunțit aceste probleme referitoare la schema indicată în figura 4. Unele dintre aceste probleme privesc și celelalte variante de schemă menționate.

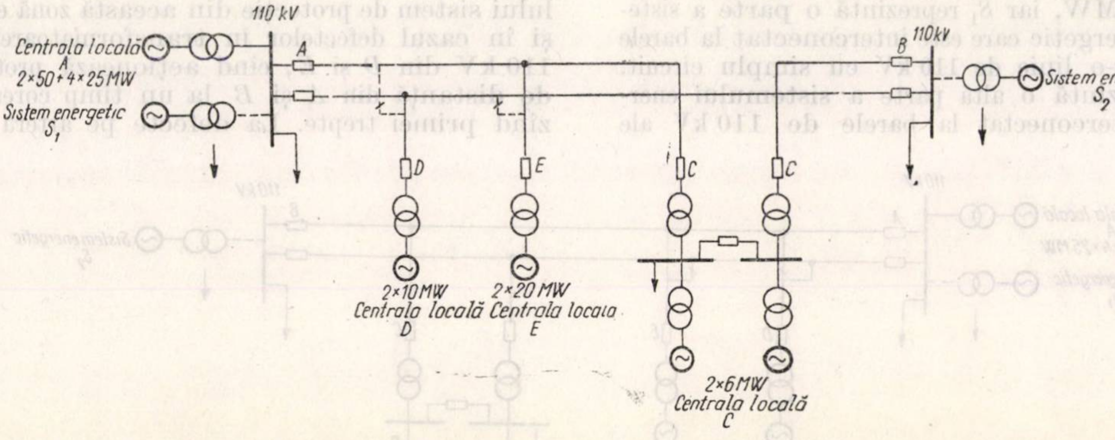


Fig. 4. Schema electrică de principiu a rețelei locale de 110 kV, în configurația modificată pentru îmbunătățirea selectivității protecției prin relee și asigurarea continuității în alimentarea consumatorului din C.

Realizarea schemei din figura 4 oferă, în primul rînd, o siguranță mai mare față de schema din figura 3 în alimentarea consumatorului din stația C. Un scurtcircuit simetric pe circuitul AC, chiar dacă conduce la deconectarea neselectivă a circuitului fără defect AB, nu provoacă și deconectarea circuitului BC.

În același timp, în schema prezentată în figura 4, a rezultat numai cîte o derivație pe circuitele AB, respectiv AC. Deoarece aceste derivații, spre centralele locale D și E, sînt scurte (1 — 2 km), condițiile de realizare a protecției selective sînt îmbunătățite (conform celor indicate la pct. 2) în comparație cu cele rezultate în schema prezentată în figura 3, deoarece s-au eliminat derivațiile lungi spre stația C.

Menționăm ca dezavantaj pe care îl prezintă realizarea schemei din figura 4 o accentuare a neuniformității încărcării celor două circuite ale arterei AB, în comparație cu schema din figura 3.

Pentru determinarea elementelor celor mai importante care influențează funcționarea selectivă a protecției, a fost necesar să se reprezinte prin curenții de scurtcircuit [5], [6] cele cinci noduri ale rețelei de 110 kV (ele reprezentînd barele de 110 kV din stațiile A, B, C, D și E), în două situații : cu și fără interconectarea sistemului energetic S_1 la barele de 110 kV ale stației A (fig. 5 și 6).

Calculul curenților de scurtcircuit a fost efectuat ținîndu-se seamă de încărcarea generatoarelor în regimul inițial de funcționare, precum și de consumul echivalent de putere activă și reactivă, de la barele de 110 kV.

După cum s-a arătat anterior [5], [6], [7], rezultanta vectorială a curenților de scurtcircuit prin care se reprezintă un anumit nod al rețelei este proporțională (pentru un anumit regim de funcționare) cu tensiunea nodului respectiv. Prin urmare, orice modificare a modulului sau fazei unuia sau mai multor vectori, care reprezintă curenții de scurtcircuit referitori la un nod al rețelei, conduce la modificarea corespunzătoare a tensiunii din nod, modificare care poate fi apreciată cantitativ prin simpla examinare a graficului, în situația inițială și în situația în care a survenit modificarea respectivă

În reprezentarea grafică a curenților de scurtcircuit, corespunzătoare situației în care sistemul S_1 nu este interconectat la barele A de 110 kV, I_{SA} se referă la un sistem energetic local.

Din examinarea acestor reprezentări grafice a curenților de scurtcircuit au rezultat următoarele:

În regim de funcționare cu interconectarea totală a arterei AB (la barele A cu sistemul energetic S_1 și la barele B cu sistemul energetic S_2, fig. 5) și cu toate grupurile în funcțiune în centrala A, practic nu există posibilitatea acționării neselective a protecției actuale din rețeaua considerată de 110 kV, datorită pendulării rotoarelor generatoarelor din centralele A, D, E și C provocate de scurtcircuite.

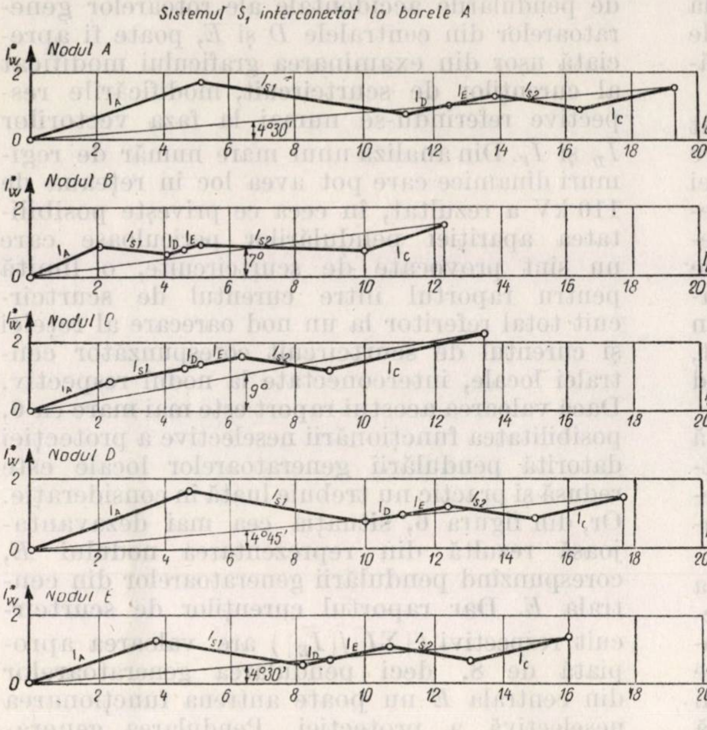


Fig. 5. Reprezentarea grafică a curenților de scurtcircuit în cazul interconectării la barele A de 110 kV a sistemului energetic local cu sistemul S_1.

Situația cea mai defavorabilă corespunde unui scurtcircuit trifazat pe circuitul AC, în apropierea stației C. Cu sistemul actual de protecție, circuitul cu defect va fi deconectat din C la circa 0,2 s de la producerea scurtcircuitului și din A la 1 — 1,2 s.

În intervalul de 1,2 s cît scurtcircuitul se menține în sistem, tensiunea la barele A de 110 kV oscilează între 60 și 75 % din tensiunea inițială (125 kV). Pendulările rotoarelor generatoarelor din centralele A, D și E provoacă o amplificare a fluctuațiilor de putere activă și reactivă pe circuitul fără defect dintre stațiile A și B, care însă nu conduc la scăderea impedanței aparente măsurate de releul respectiv din A pînă la valoarea corespunzătoare primei trepte de temporizare. Această situație a rezultat direct din examinarea reprezentării prin curenții de scurtcircuit a nodului A [6], în regimul inițial de funcționare și în regimul cu scurtcircuit, cînd s-a modificat corespunzător faza și scara tensiunii.

În același timp, din reprezentarea nodurilor D și E rezultă impedanța aparentă a derivațiilor spre centralele D și E față de releul din A. În situația la care ne referim, termenul $1 + I_{BD}/I_{AD}$ (fig. 2), indicat la pct. 2, poate fi dedus direct din diagrama curenților de scurtcircuit, corespunzătoare barelor D și E de 110 kV.

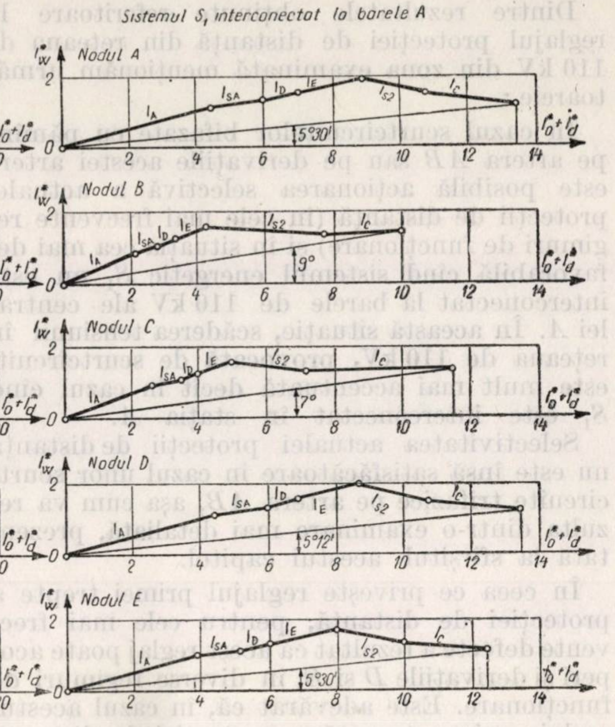


Fig. 6. Reprezentarea grafică a curenților de scurtcircuit în cazul neinterconectării sistemului energetic local cu sistemul S_1, la barele A de 110 kV.

Pentru reglajul protecției de distanță a fost necesar să se examineze valoarea mărimilor care intervin în determinarea impedanței aparente, în cazul scurtcircuitelor simetrice și nesimetrice pe artera AB, ținîndu-se seamă de modul cum sistemul de protecție respectiv realizează selectarea fazelor pentru fiecare tip de defect. Datorită faptului că la unul din capetele arterei AB cu derivații se află interconectate generatoare de puteri unitare mari (în special în centrala A, fig. 4), ale căror pendulări, provocate de scurtcircuite trifazice sau bifazice cu pămînt în rețeaua de 110 kV, pot contribui la scăderea accentuată a impedanței aparente și la variații mari ale argumentului acestei impedanțe, a fost necesar ca în determinarea valorilor tensiunilor și curenților care intervin în funcționarea protecției de distanță să se țină seamă atît de sarcina activă și reactivă din sistem cît și de deplasarea rotoarelor generatoarelor sincrone în timpul regimurilor dinamice provocate de asemenea defecte. Aceasta, cu atît mai mult cu cît, utilizînd actualul sistem de protecție, circuitele cu defect sînt separate de sistem, în anumite situații, după 1, 2—1,5 s de la producerea defectului. Or, menținerea scurtcircuitului în sistem timp de circa 1,5 s poate antrena pendulări importante nu numai ale generatoarelor din centrala *A*, dar și ale celor din centralele *D* și *E*, pendulări care influențează în mare măsură modulul și argumentul impedanței aparente sesizate de protecția de distanță.

Dintre rezultatele obținute referitoare la reglajul protecției de distanță din rețeaua de 110 kV din zona examinată menționăm următoarele :

În cazul scurtcircuitelor bifazate cu pămînt pe artera *AB* sau pe derivațiile acestei artere este posibilă acționarea selectivă a actualei protecții de distanță (în cele mai frecvente regimuri de funcționare) și în situația cea mai defavorabilă cînd sistemul energetic S_1 nu este interconectat la barele de 110 kV ale centralei *A*. În această situație, scăderea tensiunii în rețeaua de 110 kV, provocată de scurtcircuit, este mult mai accentuată decît în cazul cînd S_1 este interconectat în stația *A*.

Selectivitatea actualei protecții de distanță nu este însă satisfăcătoare în cazul unor scurtcircuite trifazice pe artera *AB*, așa cum va rezulta dintr-o examinare mai detaliată, prezentată la sfîrșitul acestui capitol.

În ceea ce privește reglajul primei trepte a protecției de distanță, pentru cele mai frecvente defecte a rezultat că acest reglaj poate acoperi și derivațiile *D* și *E*, în diverse regimuri de funcționare. Este adevărat că, în cazul acestui reglaj, prima treaptă a protecției de distanță din *A* se extinde și asupra unei părți a înfășurării transformatoarelor de 110 kV din *D* și *E*, ceea ce însă nu poate fi considerat un inconvenient important, deoarece defectele în transformatoarele de înaltă tensiune sînt relativ rare.

Centralele *D* și *E* fiind electric apropiate de centrala *A*, a rezultat că reglajul primei trepte a protecției de distanță de la capătul derivațiilor de 110 kV spre *D* și *E* trebuie să corespundă unei impedanțe de circa 2 Ω. În cazul cînd adaptarea sistemului de protecție respectiv la aceste valori reduse ale impedanței primei trepte a releelor din *D* și *E* nu ar fi posibilă, renunțarea la prima treaptă a protecției de distanță respective va conduce la deconectarea în treapta a doua din *D* și *E* în cazul defectelor pe artera *A*—*B*. Dar deconectarea din *D* și *E* la circa 1 s de la producerea defectelor pe artera *AB* provoacă pendulări importante ale rotoarelor generatoarelor din centralele *D* și *E*, ceea ce poate influența defavorabil atît selectivitatea protecției de pe artera *AB* cît și realizarea resincronizării automate a acestor generatoare.

Tot din figura 5 (reprezentarea nodurilor *D* și *E*) mai rezultă că pendulările accidentale (care nu sînt provocate de scurtcircuite) ale rotoarelor generatoarelor din centralele *D* și *E* nu pot provoca o scădere a tensiunii, în rețeaua de 110 kV din zonă, mai mare ca 15% și de aceea nu pot conduce la funcționarea neselectivă a protecției.

Deoarece în acest caz scara tensiunii nu se mai modifică [6], în regimul inițial de funcționare și în regimul cu pendulări, variația tensiunii în oricare din cele cinci noduri, provocată de pendulările accidentale ale rotoarelor generatoarelor din centralele *D* și *E*, poate fi apreciată ușor din examinarea graficului modificat al curenților de scurtcircuit, modificările respective referindu-se numai la faza vectorilor $\bar{I}_D$ și $\bar{I}_F$. Din analiza unui mare număr de regimuri dinamice care pot avea loc în rețeaua de 110 kV a rezultat, în ceea ce privește posibilitatea apariției pendulărilor periculoase care nu sînt provocate de scurtcircuite, o limită pentru raportul între curentul de scurtcircuit total referitor la un nod oarecare al rețelei și curentul de scurtcircuit corespunzător centralei locale, interconectate la nodul respectiv. Dacă valoarea acestui raport este mai mare ca 6, posibilitatea funcționării neselective a protecției datorită pendulării generatoarelor locale este redusă și practic nu trebuie luată în considerație. Or, din figura 6, situația cea mai dezavantajoasă rezultă din reprezentarea nodului *E*, corespunzînd pendulării generatoarelor din centrala *E*. Dar raportul curenților de scurtcircuit respectivi ($|\Sigma\bar{I}|/|\bar{I}_E|$) are valoarea apropiată de 8, deci pendularea generatoarelor din centrala *E* nu poate antrena funcționarea neselectivă a protecției. Pendularea generatoarelor din centrala *D* influențează în măsură și mai redusă tensiunea în rețeaua de 110 kV ($|\Sigma\bar{I}|/|\bar{I}_D| \cong 17$), ceea ce rezultă din reprezentarea nodului *D* din figura 5. Chiar pendularea unui grup de 50 MW din centrala *A* nu poate contribui la funcționarea neselectivă a protecției din rețeaua de 110 kV (fig. 5, reprezentarea nodului *A*).

Condiții mai grele privind asigurarea funcționării selective a actualului sistem de protecție din rețeaua de 110 kV, la care ne referim, rezultă în cazul în care linia de interconexiune dintre stația *A* și sistemul energetic S_1 nu se află în funcțiune. Pentru această situație, reprezentarea curenților de scurtcircuit referitoare la cele cinci noduri (*A*, *B*, *C*, *D* și *E*) este indicată în figura 6. Din examinarea acestor reprezentări grafice a curenților de scurtcircuit a rezultat, în același mod ca mai sus, că pendulările rotoarelor generatoarelor din centralele *A*, *D* și *E*, în cazul în care acestea nu sînt provocate de scurtcircuite, nu pot conduce în general la acționarea neselectivă a protecției de distanță de pe artera *AB*.

Totuși, din acest punct de vedere, situația este mai defavorabilă decît în cazul interconectării totale a arterei AB (fig. 5).

În anumite situații speciale, corespunzînd neinterconectării cu sistemul energetic S_1 la barele A, aceste pendulări, care nu sînt provocate de scurtcircuite, pot totuși antrena funcționarea neselectivă a protecției de distanță existente, de exemplu în cazul cînd în centrala A se află în funcțiune numai o parte din grupuri sau cînd în cadrul sistemului energetic S_2 (fig. 4) centralele electrice cu grupuri de puteri unitare mari sînt depărtate electric de barele de 110 kV ale stației B. Aceste situații speciale rezultă însă destul de rar în rețeaua analizată, astfel că nu constituie un inconvenient important în asigurarea acționării selective a actualului sistem de protecție. În cazul însă în care pendulările sînt provocate de scurtcircuite simetrice sau bifazate la pămînt pe artera de 110 kV dintre stațiile A și B, în situația neinterconectării sistemului energetic S_1 la barele de 110 kV ale stației A, există posibilitatea funcționării neselective a actualului sistem de protecție prin relee [3], în sensul deconectării unui circuit fără defect. O astfel de situație poate rezulta în cazul în care scurtcircuitul trifazic are loc pe circuitul AC, în apropierea stației C de 110 kV, astfel încît să fie în afara treptei *1* a protecției de distanță din A. În această situație, circuitul cu defect este deconectat de actualul sistem de protecție la minimum 0,2 s din C și la circa 1,2 s (din momentul producerii defectului) din A. Datorită pendulărilor cu mare amplitudine ale rotoarelor generatoarelor din centralele A și D (fig. 4) apar condiții în care este posibilă deconectarea, prin protecția de distanță din A, a circuitului fără defect dintre stațiile de 110 kV A și B. Ca rezultat final obținut din calcul, în figura 7 este prezentată variația, ca modul și argument, a impedanței aparente referitoare la circuitul AB (fig. 4), după 1,2 s de la producerea scurtcircuitului trifazic pe circuitul $A-C$ de 110 kV (deci după separarea de sistem a circuitului cu defect), impedanță sesizată de protecția de distanță din A. Suprafața hașurată din figura 7 corespunde domeniului în care are loc acționarea protecției de distanță RD 7 ținînd seamă atît de caracteristica elementului direcțional cît și de caracteristica elementului de măsură.

Din examinarea situației prezentate în figura 7 rezultă că în intervalul 1,3—1,5 s este posibilă acționarea neselectivă a protecției de distanță din A, în sensul deconectării circuitului de 110 kV fără defect (circuitul $A-B$).

Refăcînd calculele, în exemplul considerat mai sus, dar fără a ține seamă de sarcina activă și reactivă din sistem și de caracteristicile dinamice ale generatoarelor sincrone din zonă, a rezultat că funcționarea neselectivă a actualei protecții de distanță de pe artera AB nu este posibilă. Dar această concluzie a fost infirmată de analiza detaliată a unor avarii reale care au avut loc în rețeaua de 110 kV din zona la care ne referim [3], precum și a altor avarii [4].

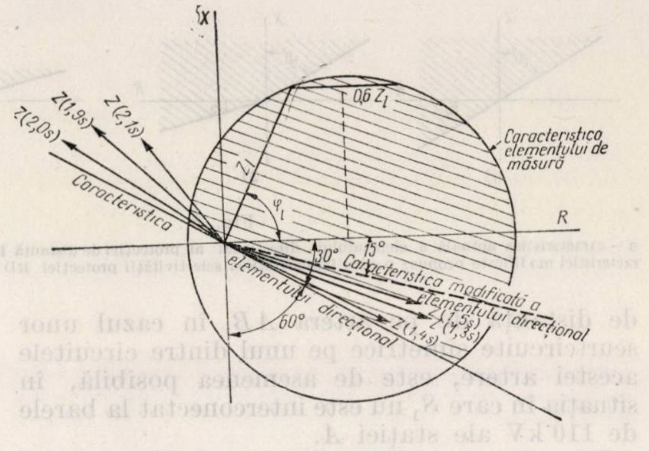

jX
Z(2,0s)
Z(1,9s)
Z(2,1s)
0,6 Z_l
Z_l
φ_l
Caracteristica elementului de măsură
R
Caracteristica elementului direcțional
30°
15°
60°
Caracteristica modificată a elementului direcțional
Z(1,5s)
Z(1,3s)
Z(1,4s)

Fig. 7. Diagrama de funcționare a protecției de distanță RD7 (prima treaptă de temporizare) din A (circuitul AB din figura 4), în intervalele de timp 1,3—1,5 s și 1,9—2,1 s de la producerea unui scurtcircuit simetric pe circuitul AC, în apropiere de C. Protecția acționează neselectiv în intervalul 1,3—1,5 s.

Caracteristica de funcționare a protecției de distanță indicată în figura 7 corespunde situației în care la scurtcircuite simetrice, elementului direcțional respectiv i se aplică tensiunea între fazele R și S, circuitul de curent fiind parcurs de curentul de pe faza T.

Așa cum s-a remarcat și în altă parte [3], [4], caracteristica elementului direcțional al protecției de distanță existente de pe arterele de 110 kV cu dublu circuit nu este în toate cazurile cea mai indicată în ceea ce privește evitarea funcționării neselective a sistemului de protecție respectiv. Astfel, și în cazul defectului sus-menționat, acționarea neselectivă a protecției de distanță ar putea fi evitată dacă elementul direcțional respectiv ar avea o caracteristică de funcționare de genul celor prezentate în figura 8, *b* sau 8, *c*.

Modificarea actualei caracteristici a elementului direcțional care intră în componența protecției de distanță RD 7 a rezultat utilă și din analiza unor avarii reale a căror extindere a fost provocată de acționarea protecției la „false defecte" [3]. Această modificare a caracteristicii elementului direcțional poate fi realizată fie prin suprapunerea caracteristicilor a două elemente direcționale (fig. 8, *b*), fie prin modificarea pantei actualei caracteristici (fig. 8, *c*), fie prin alte mijloace.

Menționăm și faptul că funcționarea neselectivă a protecției de distanță în cazul defectului sus-menționat nu poate avea loc în cazul cînd, în locul protecției care utilizează relee tip RD 7, se folosesc relee de alt tip, de exemplu L 3 S, cu care sînt echipate anumite stații de 110 kV din țară (fig. 9).

Remarcăm faptul că în cazul în care configurația rețelei de 110 kV corespunde schemei din figura 3, funcționarea neselectivă a protecției de distanță de pe artera AB, în cazul unor scurtcircuite simetrice pe unul dintre circuitele acestei artere, este de asemenea posibilă, în situația în care S_1 nu este interconectat la barele de 110 kV ale stației A.

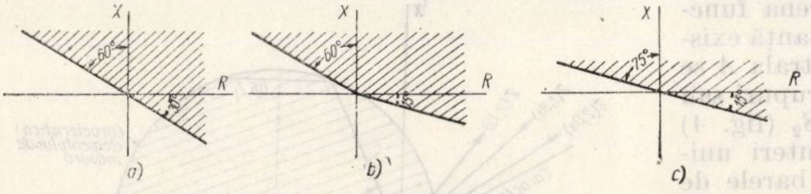


Fig. 8 :

a – caracteristica actuală a elementului direcțional al protecției de distanță RD 7, din A; b și c – caracteristici modificate propuse pentru îmbunătățirea selectivității protecției RD 7 din stațiile A, B și C.

Interconectarea centralelor D și E pe același circuit al arterei AB mărește probabilitatea funcționării neselective a protecției în cazul defectelor pe circuitul vecin, deoarece în acest caz fluctuațiile de putere pe circuitul fără defect vor avea o amplitudine mai mare decît în cazul cînd aceste centrale sînt conectate pe circuite diferite. De aceea atît pentru mărirea siguranței în exploatare pe care o oferă protecția prin relee în cazul liniilor cu o singură derivație (în comparație cu situația în care liniile au mai multe derivații) cît și pentru îmbunătățirea selectivității acestei protecții, este recomandabilă anclanșarea centralelor D și E pe circuite diferite.

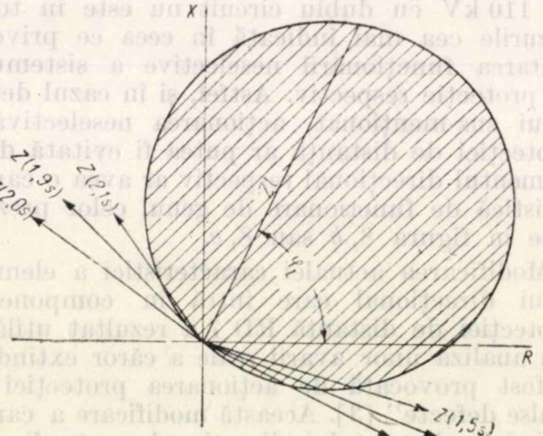


Fig. 9. Diagrama de funcționare a protecției de distanță (prima treaptă de temporizare) realizată cu relee tip L3S. în cazul în care aceasta ar fi instalată în stația A (pe circuitul $A-B$), avaria fiind aceeași la care se referă situația prezentată în figura 7. Protecția acționează selectiv.

Construirea unei linii suplimentare care să realizeze interconectarea centralelor D și E la barele de 110 kV ale stației A nu elimină pericolul acționării neselective a actualei protecții de distanță de pe artera AB, în cazul defectelor menționate mai sus.

Acestea sînt numai unele dintre aspectele problemei adaptării sistemelor de protecție prin relee la condițiile reale de funcționare a sistemului energetic interconectat. Această adaptare trebuie efectuată atît pe baza unei analize aprofundate referitoare la regimurile de funcționare caracteristice (normale și de avarie) ale arterelor importante din rețeaua de înaltă tensiune, cît și pe baza unor experimentări pe viu a unor regimuri dinamice provocate de scurtcircuite.

Înregistrarea variației în timp a mărimilor caracteristice care intervin în funcționarea protecției, în timpul regimurilor dinamice respective, ar putea da o indicație utilă asupra modului cum intervine în aceste fenomene forțarea excitației generatoarelor apropiate electric de locul unde a fost produs scurtcircuitul, precum și funcționarea saturată a reductoarelor de curent etc.

Revenind la defectul analizat (scurtcircuit pe circuitul AC, fig. 4), menționăm că funcționarea neselectivă a protecției de distanță respective poate avea loc și în cazul unui scurtcircuit bifazat la pămînt, în situația în care sistemul energetic S_1 nu este interconectat la barele A (fig. 4), în centrala A fiind în funcțiune numai o parte din grupuri (de exemplu numai grupurile de 50 MW).

Prin urmare, în anumite situații, actualul sistem de protecție de distanță din rețeaua de 110 kV din zona examinată nu poate asigura o selectivitate satisfăcătoare în separarea circuitelor cu defect. De aceea apare justificată recomandarea ca, în viitorul apropiat, actualul sistem de protecție să fie înlocuit cu altul în care impulsurile de deconectare și blocaj să fie transmise prin canale de înaltă frecvență. Prin aceasta se va asigura funcționarea selectivă a protecției, circuitele cu defect fiind separate de la ambele capete simultan, la un timp ce nu va depăși 0,2 s. Totodată se va realiza protecția selectivă pe circuitele cu derivații, în cazul examinat o protecție selectivă simultan în trei puncte : $A-D-B$, respectiv $A-E-C$ (fig. 4).

Configurația rețelei de 110 kV, indicată în figura 4, prezintă avantajele menționate referitoare la liniile cu o singură derivație, în comparație cu liniile cu mai multe derivații.

În general, în asemenea cazuri, este recomandabil ca alegerea soluției definitive pentru îmbunătățirea selectivității protecției într-o rețea existentă să fie făcută ținînd seamă și de alte probleme privind funcționarea sistemului energetic local, ca : pierderile de energie și nivelul de tensiune în rețeaua considerată, în regimuri staționare de funcționare, statistica avariilor provocate de scurtcircuite etc.

În felul acesta, examinarea tehnico-economică a problemei la care ne referim va putea fi suficient de aprofundată.

Concluzii

În cazul liniilor cu mai multe derivații, în special în ceea ce privește arterele importante care vehiculează puteri mari, se pun probleme speciale în legătură cu asigurarea unei protecții prin relee selective. În general, în asemenea cazuri, se adoptă sisteme de protecție prin înaltă frecvență. Totuși pot exista situații, ca cea examinată la pct. 3, în care, introducînd anumite modificări neesențiale în configurația rețelei de 110 kV din zona respectivă, se pot obține condiții îmbunătățite de realizare a unei protecții selective a liniilor cu derivații, utilizînd sistemul de protecție existent (în cazul de față, protecția de distanță cu relee de impedanță). În aceste situații însă se acceptă funcționarea neselectivă a protecției pentru anumite defecte, care sînt considerate că apar rar : scurtcircuite în transformatoarele de 110 kV de la capetele derivațiilor sau pendulări ale rotoarelor generatoarelor din zonă care devin periculoase numai cînd sînt provocate de scurtcircuite simetrice sau bifazice la pămînt, rețeaua de înaltă tensiune din zonă fiind parțial debuclată.

Introducerea sistemului de protecție care utilizează canale de înaltă frecvență poate realiza funcționarea selectivă a protecției pentru cele mai frecvente avarii în rețeaua de înaltă tensiune, în special în cazul liniilor cu o singură derivație, cînd și siguranța în exploatare a rezultat a fi satisfăcătoare.

Pentru alegerea justă a caracteristicilor sistemului de protecție respectiv (privind elementele direcționale, elementele care realizează compararea fazei etc.) este necesar însă a se examina în prealabil efectele anumitor avarii caracteristice în condițiile reale de funcționare a sistemului energetic considerat.

Bibliografie

[1] AIEE Committee Report. *Protection of Multiterminal and Tapped lines.* Power Apparatus and Systems nr. 53, aprilie 1961.

[2] AIEE Committee Report. *Evaluation of Transfer-Trip Relaying Using Power-Line Carrier.* Power Apparatus and Systems nr. 61, august 1962.

[3] Moraite, G. și Gheorghiu, M. *Considerații asupra acționării la „false defecte” a protecției de distanță datorită fenomenului de pendulare a rotoarelor generatoarelor.* Energetica nr. 7, 1962.

[4] Moraite, G. *Măsuri de îmbunătățire a protecției prin relee, rezultate din analiza regimurilor dinamice provocate de avarii caracteristice.* Energetica nr. 1, 1963.

[5] Dimo, P. *Analiza nodală utilizînd curenții de scurtcircuit în cazul rețelelor complexe.* Energetica nr. 8, 1960.

[6] Dimo, P. și Moraite, G. *Analiza unui sistem electroenergetic complex cu patru centrale, prin metoda nodală a curenților de scurtcircuit (soluția grafică).* Energetica nr. 3, 1961.

[7] Dimo, P., Moraite, G. și Hückert, S. *Calculul exact al curenților de scurtcircuit cu determinarea simultană a schemelor REI, imaginilor nodale și admitanțelor de transfer.* Energetica 11 (1963), nr. 9, p. 476–481.

Corectarea cotei de consum de căldură pentru apa caldă menajeră și igienico-sanitară, în regim de termoficare urbană

Ing. *GH. COLȚ*, ing. *M. GHICA* și ing. *M. VOINEA*

Una dintre principalele componente ale consumului de căldură acoperit de centralele de termoficare este cea necesară pentru apa caldă în scopuri menajere și igienico-sanitare. Atît datorită valorii procentuale cît și, în special, caracterului aproape permanent în timpul întregului an, cota de căldură pentru apă caldă joacă un rol important în ceea ce privește economicitatea termoficării. Cu cît această valoare este mai mare, cu atît se asigură centralelor de termoficare un regim mai stabil și mai economic, deoarece se dispune în permanență de un consumator de căldură, pe baza căruia se produce în mod combinat energie electrică ieftină. În afară de acest important considerent economic, asigurarea în permanență a consumatorilor urbani cu căldură pentru igiena corporală, spălarea și uscarea rufelor, prepararea mîncării și alte necesități este o problemă socială a cărei valoare nu poate fi în întregime exprimată în balanța economică. Acest lucru asigură populației un nivel de viață și confort, care, fără îndoială, trebuie considerat ca un mare avantaj al termoficării. Nu este o întîmplare că pe măsură ce nivelul de trai crește, se constată că în toate țările unde există termoficare cantitatea de căldură consumată pentru apa caldă menajeră și igienico-sanitară crește considerabil. Pentru ilustrarea celor afirmate, sînt semnificative datele din figura 1, care oglindesc creșterea consumului de căldură pentru apă caldă în orașul Leningrad [1].

Discontinuitatea curbei creșterii anuale a cantității de apă caldă pentru scopuri menajere și igienico-sanitare în perioada 1955–1960 se explică prin faptul că la CET din Leningrad a existat o strangulare pe partea de preparare a apei, în care timp termoficarea s-a dezvoltat într-un ritm foarte viu în acest oraş. Abia în 1960, prin intrarea în funcţiune a unor puternice instalaţii de preparare a apei calde menajere la CET Leningrad şi prin preluarea tuturor consumatorilor deja pregătiţi, consumul de apă caldă s-a dublat aproape în decursul unui singur sezon.

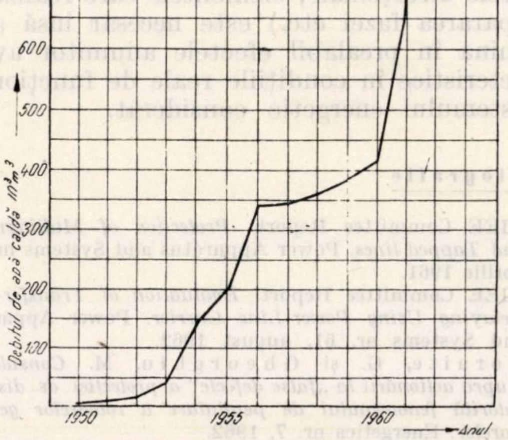


Fig. 1. Variaţia anuală a livrării de apă caldă pentru scopuri menajere şi igienico-sanitare în condiţiile oraşului Leningrad.

★

Primele studii şi lucrări care s-au întocmit cu ocazia introducerii termoficării în R.P.R. au analizat şi cota de consum de căldură necesară scopurilor amintite [2]. Pe baza unor norme în vigoare, în perioada 1955—1957, însă fără să se dispună de date din practica termoficării în ţara noastră, s-au stabilit unele valori, din care rezultă că la vîrful total al sarcinii termice, asigurată de CET, apa caldă intervine cu o pondere de circa 10%, iar în cantitatea anuală de căldură — de circa 25%, respectiv reveneau 140 kcal/om.$h_{zi\ medie}$ şi circa 960 Gcal/an.1000 locuitori (în ipoteza unui număr de ore de utilizare a vîrfului de sarcină termică pentru apă caldă de circa 7 000 h/an).

Reanalizînd metoda de calcul, precum şi premisele care au stat la baza stabilirii acestor valori, iar pe de altă parte avîndu-se la dispoziţie şi date concrete din exploatarea de cîţiva ani a reţelelor de termoficare din Bucureşti, se constată că acelea nu mai corespund realităţii, şi ca atare sînt necesare unele modificări. Corectări substanţiale intervin la casele de locuit. S-a constatat că pentru un număr mediu de 1000 de locuitori, valoarea veche de 570 Gcal/an nu mai corespunde noilor condiţii, mult mai apropiată de realitate fiind valoarea de 900—1000 Gcal/an. Aici intervine atît creşterea numărului de familii dotate cu băi, din cei 1000 de locuitori consideraţi, cît şi o oarecare scădere a densităţii de locatari pe apartament, şi deci o creştere a folosirii specifice a băilor. La aceasta se adaugă şi faptul că, în condiţiile creşterii nivelului de trai al populaţiei, instalaţiile sanitare şi igienice sînt mai intens folosite. De aceea s-a apreciat că în decursul anului un locuitor foloseşte baia de circa 100 de ori, iar un copil de circa 150 de ori, lucru care corespunde şi unor aprecieri ale specialiştilor străini.

În aceste ipoteze, consumul anual de căldură pentru apa caldă menajeră şi igienico-sanitară, pentru o mie de locuitori, va fi de circa 1400 Gcal/an, în care sînt incluse şi cotele necesare aceleiaşi mii de locuitori în diferite instituţii social-culturale-administrative din oraş.

Recalculînd cifrele din tabelele 1—5 din lucrarea [2]. pentru aflarea valorilor necesare dimensionării instalaţiilor de termoficare, s-a stabilit, ca valoare medie pentru 1000 de locuitori, un necesar de căldură de 4 800.10³ kcal/zi. Din însumarea graficelor specifice de consum de căldură pentru toate genurile de consumatori (fig. 2), deci aplicînd coeficientul de simultaneitate ponderat, se obţine:

- vîrful sarcinii termice pentru o zi medie pe toată perioada de alimentare cu apă caldă 405 kcal/h.om.
- media orară din aceeaşi zi medie 200 kcal/h.om.

Raportînd valoarea medie orară de 200 kcal/h.om la necesarul de căldură pentru încălzire, se constată că se obţine circa 16%. În ceea ce priveşte valoarea procentuală a cantităţii anuale de căldură pentru apa caldă menajeră, aceasta este de circa 40% din consumul de căldură pentru încălzire.

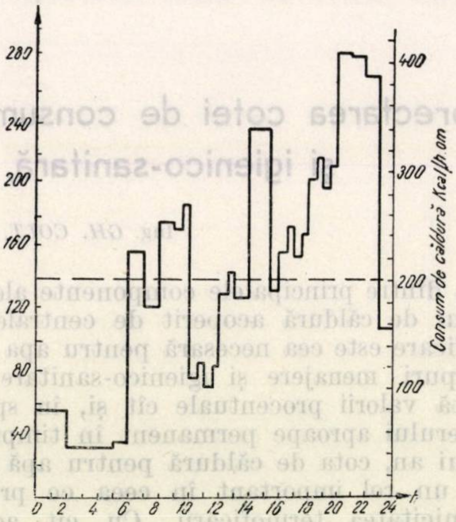


Fig. 2. Variaţia în timpul unei zile a consumului de căldură pentru apa caldă menajeră şi igienico-sanitară pentru un om.

Dacă se compară aceste valori cu cele obţinute din măsurători efectuate în perioada de vară 1961—1962 pentru un număr de 3000 de apartamente din București, Calea Griviței (fig. 3), rezultă cifre comparabile. Astfel, în acest caz, valoarea medie orară pentru o zi medie pe timp de o săptămînă este de 220 kcal/h.om, la un vîrf de 450 kcal/h.om.

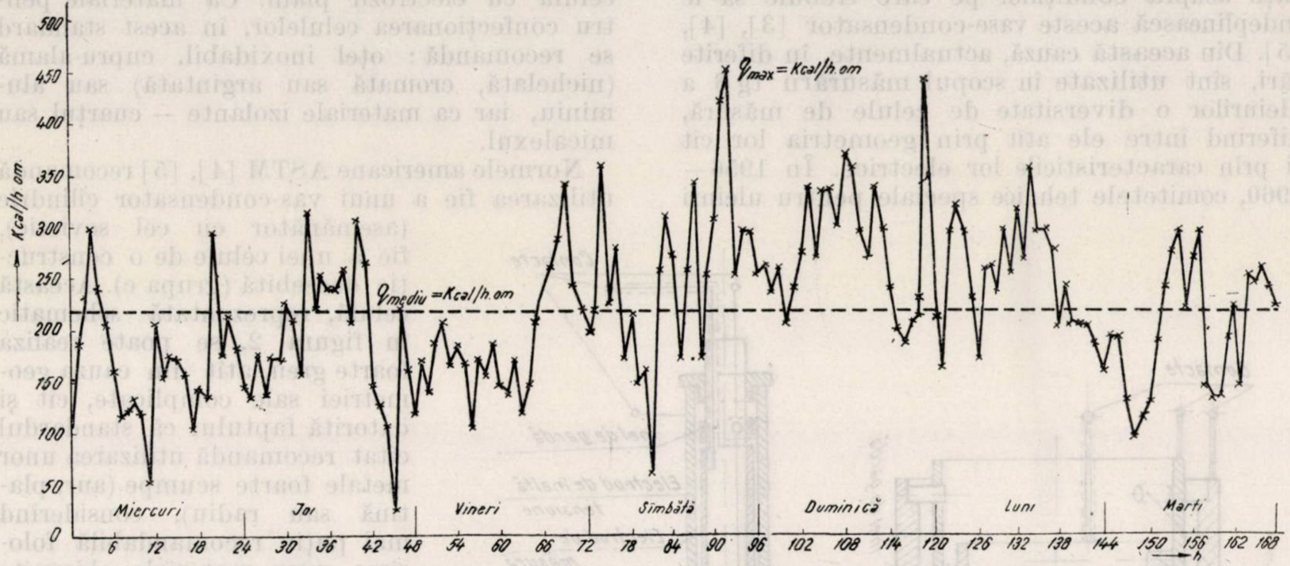


Fig. 3. Variația consumului de căldură la punctele termice pentru apa caldă menajeră și igienico-sanitară pe o săptămînă, la grupul de locuințe din București, Calea Griviței.

În concluzie, se consideră că pentru proiectarea rețelelor de termoficare și a instalațiilor din CET este indicat să se folosească următoarele valori pentru consumul de apă caldă menajeră și igienico-sanitară:

200 kcal/h.om ;   1,4 Gcal/om.an.

Bibliografie

[1] Lanin, I. S. *Experiența exploatării rețelelor termice din Leningrad.* Gosenergoizdat, 1962.

[2] Voinea, M. și Colț, Gh. *Indici de consum de căldură pentru apă caldă în scopuri igienico-sanitare și menajere.* Energetica nr. 9, 1957, p. 433.

Celule pentru măsurarea pierderilor dielectrice ale uleiurilor de transformator

Ing. *H. SEGALL*

În ultimii ani s-a introdus într-o serie de țări măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice ale uleiului de transformator, ca un criteriu de urmărire a comportării uleiului izolant în exploatare. Pierderile dielectrice s-au dovedit a fi un indice foarte sensibil al stării uleiului. După cum se știe, starea uleiului (din punctul de vedere al calităților sale electrice) influențează în mod esențial parametrii de bază ai izolației transformatoarelor. De aceea, în R.P.R., ca și în alte țări, obligativitatea măsurării tg δ a uleiului izolant a fost introdusă în prescripțiile oficiale și s-au normat valorile admisibile [1], [2], pentru pierderile dielectrice atît la recepționarea uleiurilor de la furnizori cît și pentru uleiuri din transformatoarele în funcțiune (vezi PET, ed. a II-a, 1960, alin. d., p. 165).

Determinarea valorilor tangentei unghiului de pierderi dielectrice ale uleiului se face cu puntea de curent alternativ de înaltă tensiune (puntea Schering), folosindu-se o celulă de măsură (vas-condensator) specială, destinată măsurării tg δ la dielectricii lichizi. În urma acțiunii de reutilare a laboratoarelor electrice ale centralelor și întreprinderilor regionale, acțiune întreprinsă de D.E.E.-M.M.E.E., în anii 1959—1961, actualmente aproape toate laboratoarele au în dotarea lor punți de curent alternativ de înaltă tensiune, iar personalul laboratoarelor execută acum curent măsurători cu aceste punți. Problema determinării tg δ a uleiurilor nu este însă rezolvată, deoarece, cu excepția a 2—3 laboratoare, în țară nu există celule de măsură a tg δ pentru dielectricii lichizi. Asemenea celule de măsură nu sînt în general produse în mod curent de fabricile producătoare de aparataj electric şi numai în cîteva ţări există standarde sau norme care dau indicaţii asupra condiţiilor pe care trebuie să le îndeplinească aceste vase-condensator [3], [4], [5]. Din această cauză, actualmente, în diferite ţări, sînt utilizate în scopul măsurării tg δ a uleiurilor o diversitate de celule de măsură, diferind între ele atît prin geometria lor cît şi prin caracteristicile lor electrice. În 1956–1960, comitetele tehnice speciale pentru uleiuri din cadrul Comisiei Electrotehnice Internaţionale (CEI) şi CIGRE s-au preocupat de problema fixării unui tip optim de celulă, cu scopul ca măsurătorile executate în diferite ţări să poată fi comparate şi bineînţeles să fie reproductibile [6].

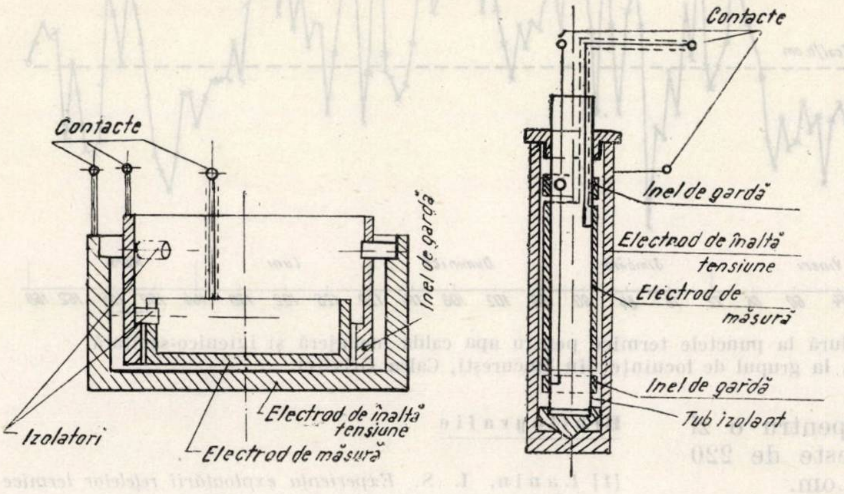


Fig. 1. Celule de măsură pentru determinarea tg δ (după GOST 6581–53): *a* – cu electrozi cilindrici; *b* – cu electrozi plani.

Deoarece în momentul de faţă se lucrează şi la noi în ţară la elaborarea unui standard privind celula de măsură a tg δ la uleiurile izolante, se consideră utilă o trecere în revistă, o descriere critică a diverselor tipuri de celule existente, întîlnite în literatura tehnică sau experimentate deja la noi în ţară.

Vasele-condensator se pot clasifica din punctul de vedere al geometriei lor în trei grupe:

a) condensatoare cu electrozi cilindrici coaxiali;

b) condensatoare cu electrozi circulari plaţi (discuri paralele);

c) condensatoare cu electrozi cilindro-conici (sau cu forme de trecere apropiate), coaxiali.

Standardul sovietic [3] recomandă utilizarea fie a unor vase-condensator cilindrice (grupa a), fie a unor vase-condensator cu electrozi circulari plaţi (grupa b). În acest standard se dau indicaţii asupra distanţelor dintre electrodul de măsură şi cel de înaltă tensiune, dintre electrodul de măsură şi inelul (inelele) de gardă. În figura 1*a* este reprezentată celula de măsură cu electrozii cilindrici, iar în figura 1 *b*, celula cu electrozii plani. Ca materiale pentru confecţionarea celulelor, în acest standard se recomandă: oţel inoxidabil, cupru-alamă (nichelată, cromată sau argintată) sau aluminiu, iar ca materiale izolante – cuarţul sau micalexul.

Normele americane ASTM [4], [5] recomandă utilizarea fie a unui vas-condensator cilindric (asemănător cu cel sovietic), fie a unei celule de o construcţie deosebită (grupa c). Această celulă, reprezentată schematic în figura 2, se poate realiza foarte greu, atît din cauza geometriei sale complicate, cît şi datorită faptului că standardul citat recomandă utilizarea unor metale foarte scumpe (aur, platină sau radiu), considerînd mai puţin recomandabilă folosirea unor materiale obişnuite tratate prin acoperire. Pentru acoperiri se recomandă următoarele metale: aur, platină şi crom (peste un strat de nichel). Ca materiale izolante se recomandă: cuarţ, sticle speciale (cu tg δ foarte mică), steatite şi teflon. Comisia nr. 1 CIGRE (uleiuri izolante) a recomandat la sesiunea CIGRE din iunie 1958 un tip de celulă asemănător cu celula ASTM şi cu o celulă de măsură italiană (Pirelli). În 1958 existau numai două sau trei exemplare din acest tip, dintre care unul fusese trimis în S.U.A. şi altul în Anglia pentru experimentare [6]. În Elveţia (firma „Tetex”) s-a construit un alt tip de celulă (grupa a), reprezentată în figura 3. În prospectul firmei se afirmă că la construirea acestei celule au fost respectate recomandările comisiei tehnice pentru uleiuri a CEI. Celula elveţiană are unele avantaje faţă de alte tipuri; între altele permite variaţia distanţei dintre electrozi în limitele 0–12 mm, distanţă care se citeşte direct pe

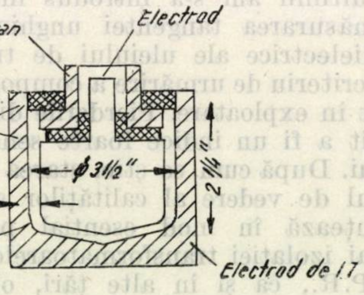


Fig. 2. Secţiune schematizată prin celula de măsură ASTM.

un dispozitiv micrometric, însă realizarea ei presupune existența unor mașini de prelucrare de mare precizie, iar pe de altă parte este foarte grea (49 kg).

Toate aceste celule descrise sînt foarte greu de construit sau de procurat în condițiile unor laboratoare ale întreprinderilor de exploatare. Toleranțele admisibile, foarte mici, mai ales în ceea ce privește distanța între electrozi, păstrarea paralelismului sau a coaxialității electrozilor, condiții esențiale pentru obținerea unui cîmp omogen, sînt foarte greu realizabile cu mijloacele de prelucrare care stau la dispoziția unei întreprinderi de exploatare. Deoarece aceste celule nu se fabrică pe scară industrială, laboratoarele de exploatare trebuie să construiască celulele de măsură cu mijloace proprii.

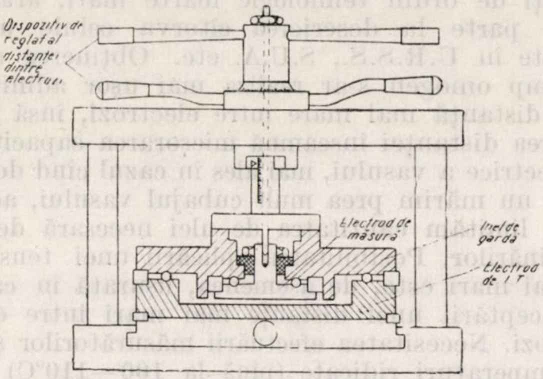


Fig. 3. Vas-condensator construit de firma „Tetex" (Zürich), conform recomandărilor CEI.

Într-un articol apărut în 1955 în presa tehnică sovietică se subliniază, de asemenea, aceste deficiențe și se aduce o critică interesantă celulei standardizate în U.R.S.S. [8]. Autorii arată că indicația standardului sovietic care impune distanța de 2 ± 0,1 mm între electrozi nu este cu nimic justificată (ASTM recomandă distanța de 1/10", adică 2,54 mm). Se arată în continuare că distanța între electrozi trebuie aleasă astfel, încît o deplasare mică (0,5—0,7 mm) a electrodului interior (este vorba de celule cu electrozi cilindrici coaxiali), într-o parte sau alta, să nu modifice esențial intensitatea cîmpului în spațiul dintre electrozi, cîmpul să rămînă practic omogen, ceea ce se poate realiza numai admițînd ca distanța între electrozi să aibă o valoare mai mare (4—5 mm). De altfel, autorii articolului sînt de părere că în condițiile exploatării măsurătorile pot fi executate admițînd erori de măsură ceva mai mari decît în cazul măsurătorilor executate în cadrul laboratoarelor institutelor de cercetări [8].

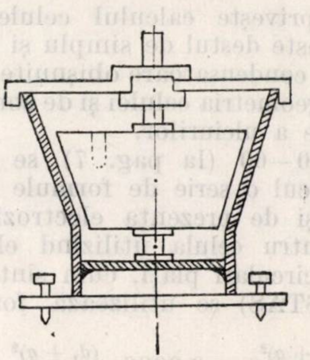


Fig.4. Celulă de măsură fără electrod de gardă, cu distanța dintre electrozi reglabilă (după poziția piesei tronconice interioare, pe axul izolat).

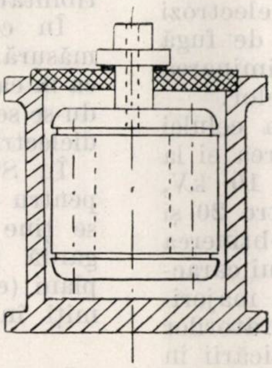


Fig. 5. Celulă de măsură cu electrozi de gardă și electrodul de măsură suspendați în interiorul electrodului de IT.

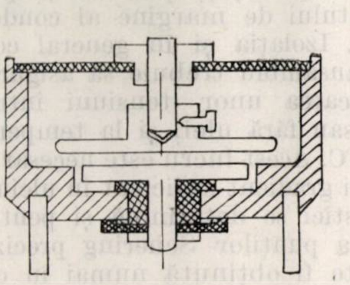


Fig. 6. Celulă de măsură cu electrodul de IT în interior și la care corpul formează și ecranul de gardă.

Laboratoarele de exploatare (și chiar ale unor institute de cercetări) din U.R.S.S. utilizează cîteva tipuri de celule descrise în același articol, celule construite după indicațiile ORGRES. Aceste celule sînt reprezentate în figurile 4, 5 și 6. În laboratoarele sistemului Mosenergo se utilizează, începînd din 1960, o celulă cu electrozi plați circulari. Toate aceste celule utilizează materiale ieftine pentru electrozi (oțel, alamă, acoperite sau neacoperite cu un metal inoxidabil), iar piesele izolante sînt făcute din micalex. Distanțele dintre electrozi sînt între 3 și 5 mm.

Vasul-condensator cel mai ușor realizabil din punct de vedere constructiv este cel utilizat începînd din anii 1959—1960 în laboratoarele Mosenergo [9].

Înainte de a trece la descrierea celulelor realizate în țară și la discutarea unui tip optim de celulă, este necesar să se amintească condițiile impuse acestor celule și cîteva date privind calculul lor.

La uleiul de transformator, determinarea pierderilor dielectrice se face cu puntea de curent alternativ de înaltă tensiune, la frecvenţa de 50 Hz şi la o tensiune care să asigure un gradient de 15 – 20 kV/cm (preferabil 20 kV/cm), pentru a putea executa măsurătorile în condiţii cît mai apropiate de condiţiile reale în care uleiul lucrează în transformatoare.

În acest caz, celulele de măsură trebuie să îndeplinească următoarele condiţii :

1. Capacitatea electrică proprie a celulei trebuie să aibă o valoare minimă dictată de limitele de măsură a punţii Schering, cu ajutorul căreia se execută măsurătoarea. Este recomandabil ca această capacitate minimă să fie asigurată şi în cazul celulei goale (cu dielectric aer) pentru a se putea face cu uşurinţă şi determinarea (eventual controlul periodic) a pierderilor dielectrice proprii ale celulei. În cazul acesta, permitivitatea relativă a uleiului fiind de ordinul 2,2–2,3, capacitatea electrică a celulei umplute cu ulei va fi mai mare decît a celulei în gol, tocmai cu un multiplu egal cu valoarea permitivităţii relative (constanta dielectrică). În felul acesta celula va permite deci şi determinarea constantei dielectrice, în cazul cînd se cere acest lucru.

2. Pierderile dielectrice proprii ale celulei trebuie să fie cît mai mici sau, cum se spune, celula trebuie să fie un condensator practic fără pierderi dielectrice, atît la temperatura mediului ambiant cît şi la temperaturi de ordinul 100–110°C. Se impune această condiţie deoarece uleiul se măsoară la diverse temperaturi, variind între 20 şi 110°C, iar pierderile proprii ale vasului trebuie să fie mai mici decît pierderile dielectrice ale celor mai bune uleiuri.

3. Cîmpul electric dintre electrozii celulei trebuie să fie cît mai omogen (un gradient uniform) pentru a nu introduce erori în măsurători.

4. Celula trebuie să fie prevăzută cu electrozi de gardă pentru eliminarea curenţilor de fugă (de suprafaţă), precum şi pentru eliminarea efectului de margine al condensatoarelor.

5. Izolaţia şi în general construcţia celulei în ansamblu trebuie să asigure utilizarea ei la aplicarea unor tensiuni între 3 şi 10 kV, cu sau fără ulei, şi la temperaturi între 20 şi 110°C. Acest lucru este necesar pentru obţinerea unui gradient suficient în uleiul ale cărui caracteristici se determină şi pentru că la majoritatea punţilor Schering precizia măsurătorilor poate fi obţinută numai în cazul aplicării în diagonala de alimentare a punţii a unei tensiuni de minimum 3 kV. Valoarea maximă a tensiunii aplicate (de obicei 10 kV) depinde de tensiunea nominală a condensatorului-etalon utilizat în schemă.

6. Celula trebuie să fie uşor de construit şi de întreţinut (spălat, montat şi demontat). Cantitatea de ulei necesară la efectuarea măsurătorilor trebuie să fie cît mai mică, în nici un caz să nu depăşească 500 cm³. Efectuarea determinărilor tg δ la probele de uleiuri supuse îmbătrînirii accelerate artificiale trebuie să se facă cu celule de măsură care să necesite o cantitate de circa 50 cm³ ulei.

7. Este recomandabil ca distanţa dintre electrozi să poată fi controlată (măsurată) cu uşurinţă şi cu mijloace simple, avînd în vedere că păstrarea aceleiaşi distanţe între electrozi în toate punctele asigură omogenitatea cîmpului.

Îndeplinirea acestor condiţii ridică dificultăţi de ordin tehnologic foarte mari, arătate în parte la descrierea cîtorva celule utilizate în U.R.S.S., S.U.A. etc. Obţinerea unui cîmp omogen s-ar realiza mai uşor admiţînd o distanţă mai mare între electrozi, însă mărirea distanţei înseamnă micşorarea capacităţii electrice a vasului, mai ales în cazul cînd dorim să nu mărim prea mult cubajul vasului, adică să limităm cantitatea de ulei necesară determinărilor. Posibilitatea aplicării unei tensiuni mai mari este, de asemenea, uşurată în cazul acceptării unei distanţe mai mari între electrozi. Necesitatea efectuării măsurătorilor şi la temperaturi ridicate (pînă la 100–110°C) impune utilizarea unor materiale izolante cu proprietăţi dielectrice superioare ; în general însă aceste materiale (cuarţ, micalex sau chiar steatită) se prelucrează foarte greu. Deci respectarea riguroasă a tuturor condiţiilor enumerate nu numai că ridică dificultăţi în sine, dar duce şi la condiţii contradictorii.

Trebuie totuşi găsit un tip de celulă care să satisfacă cerinţele exploatării, în sensul de a fi uşor de fabricat şi de manipulat, la care să se utilizeze materiale cît mai ieftine (în nici un caz platină sau alte metale nobile) şi care să răspundă cît mai bine tuturor condiţiilor impuse, pentru a permite astfel atît efectuarea cît mai precisă a măsurătorilor cît şi reproductibilitatea lor.

În ceea ce priveşte calculul celulelor de măsură, acesta este destul de simplu şi se face ca în cazul unor condensatoare obişnuite, ţinîndu-se seamă de geometria celulei şi de constanta dielectrică medie a uleiurilor.

În STAS 2740–60 (la pag. 7) se indică pentru acest calcul o serie de formule în care se ţine seama şi de prezenţa electrozilor de gardă [10]. Pentru celula utilizînd electrozi plani (electrozi circulari plaţi, cum sînt denumiţi în acest STAS) se utilizează formula :

$$C_{aer} = \frac{r}{4}\,\varepsilon_0\,\frac{(d_1+g)^2}{a} = 0{,}0696\,\frac{(d_1+g)^2}{a}\quad [\mathrm{pF}],$$

în cazul cînd $g \ll d_1$,

în care :

d_1 este diametrul electrodului de măsură, cm ;
g — distanţa între electrodul de măsură şi inelul de gardă ;
a — distanţa între electrodul de măsură şi cel de înaltă tensiune ;
ε_0 — 0,08859 $\frac{\mathrm{pF}}{\mathrm{cm}}$ (permitivitatea aerului).

Capacitatea electrică a celulelor, calculată după această formulă, este foarte apropiată de cea măsurată cu puntea pe celula gata executată (observațiile autorului).

În 1957 s-a construit în țară, la laboratorul grupei de încercări preventive de la fostul Energo-trust nr. 1, o celulă cu electrozii cilindrici coaxiali (cu inele de gardă), care, din punct de vedere constructiv, este apropiată de celula cilindrică sovietică. Electrozii au fost construiți din oțel și au fost argintați (pe suprafețele în contact cu uleiul), iar ca material izolant s-a utilizat un tub dintr-o sticlă refractară cu pierderi dielectrice proprii foarte mici.

Cu această celulă, care este utilizată și actualmente la laboratorul de încercări preventive din IRME s-au făcut sute de determinări cu rezultate satisfăcătoare. Totuși, exploatarea acestei celule a relevat în decursul timpului o serie de dezavantaje, și anume :

a) Utilizarea tubului de sticlă ca suport izolant face ca vasul să fie foarte delicat în ceea ce privește manevrarea.

b) Datorită coeficienților de dilatare diferiți ai sticlei și oțelului s-a lăsat la inelul inferior de centrare (fig. 7) un joc de 0,1—0,15 mm, pentru a se evita spargerea tubului în timpul răcirii celulei, cînd contracția oțelului se face mai rapid decît a sticlei. Lăsarea acestui joc duce la o eroare suplimentară de coaxialitate, necontrolabilă, care dă naștere unor erori accidentale (nesistematice).

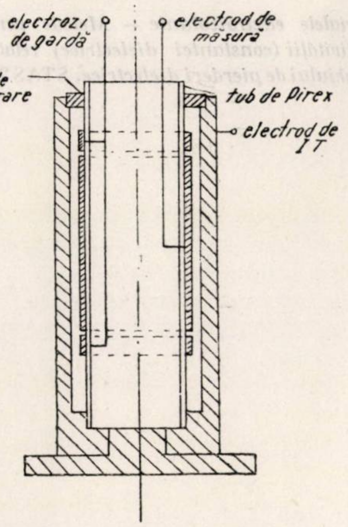


Fig. 7. Celula de măsură pentru determinarea tg δ la uleiurile izolante, construită în 1957 la PRAM ET—1 (actualul IRME).

c) Alegerea valorii distanței (dintre electrozi) de 3 mm nu permite efectuarea măsurării pierderilor proprii (în aer) ale celulei decît la o tensiune de 4—4,5 kV. De asemenea, practica utilizării celulei a arătat că la efectuarea determinării tg δ la uleiuri de proastă calitate se pot poduce străpungeri ale uleiului în celulă. Aceste străpungeri sînt foarte neplăcute, fie și numai pentru faptul că duc la dezechilibrări bruște ale punții, punînd în pericol galvanometrul și provocînd străpungerea eclatoarelor de protecție din punte.

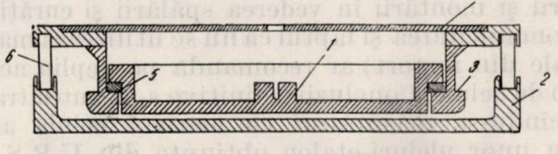


Fig. 8. Celula de măsură realizată la laboratorul PRAM din CET Grozăvești :

1 — electrod de măsură; 2 — electrod de IT; 3 — inel de gardă; 4—ecran; 5—piese distanțoare din micalex (sau pertinax); 6—coloane izolante din steatită.

Ceva mai tîrziu (în 1958—1959) s-a construit la ICET o celulă care reproduce aproape exact celula de măsură cilindrică indicată în GOST.

În 1960, în laboratorul PRAM din CET Grozăvești s-a construit un nou tip de celulă, la care s-a ținut seamă de experiența căpătată prin construirea celulelor precedente. Noua celulă, de tipul cu electrozi plani, este construită din oțel, utilizîndu-se ca material izolant micalexul.

Geometria și dimensiunile celulei se pot vedea în figura 8. Măsurătorile executate timp de aproape doi ani au dat rezultate complet satisfăcătoare, relevînd o serie de avantaje ca :

1. Celula este ușor uzinabilă.
2. Construcția celulei permite controlul distanței dintre electrozi cu mijloace de măsurat simple, dar precise (șubler, micrometru simplu și de adîncime).
3. Se utilizează un material izolant mai puțin fragil, care se poate prelucra relativ ușor și cu calități dielectrice foarte bune.
4. Permite aplicarea unei tensiuni de 6—7 kV la măsurătorile în aer și de 10 kV la determinarea tg δ a uleiurilor, avînd totodată o capacitate electrică suficientă pentru a se încadra în limitele de măsurat ale punții, chiar cînd este gol.
5. Utilizează o cantitate mică de ulei pentru probe (330 cm^3).
6. Este ușor demontabilă și permite ca demontarea în părțile componente și spălarea (curățirea) să se execute cu ușurință.

Cu această celulă s-au putut măsura uleiuri foarte bune, avînd tangenta la 20°C de numai 4×10^{-4}, și uleiuri foarte proaste, avînd tangenta egală cu $7-8-10^{-1}$ la temperatura de 70°C.

În 1962, tot în laboratorul PRAM din CET Grozăvești s-a construit o nouă variantă a acestei celule, care diferă de precedenta prin faptul că permite nu numai un control foarte ușor al distanțelor, dar și reglarea distanței dintre electrozi în limitele 2,5—6,5 mm. De asemenea, la această ultimă variantă s-au utilizat atît izolatoare din micalex cît și din steatită fabricată în țară, obținîndu-se rezultate foarte bune și cu acest material izolant.

Ușurința realizării constructive, avantajele evidente pe care le prezintă (precizia măsurătorilor, reproductibilitatea, ușurința demontării și montării în vederea spălării și curățirii, economicitatea și faptul că nu se utilizează materiale din import) ar recomanda pe deplin acest tip de celule. Concluzii definitive s-ar putea trage făcîndu-se măsurători cu această celulă asupra unor uleiuri-etalon obținute din U.R.S.S., sau prin intermediul CIGRE, măsurători care ar arăta definitiv precizia de măsură a acestei celule.

În orice caz, acest tip de celule este foarte convenabil pentru măsurătorile care trebuie executate în laboratoarele întreprinderilor de exploatare, iar realizarea constructivă a acestui vas-condensator este la îndemîna oricărui atelier mecanic din orice uzină electrică.

În ceea ce privește standardul pentru celulele de măsură a pierderilor dielectrice ale uleiurilor izolante, se propune adoptarea a două tipuri de celulă. Un tip de o precizie mai mare, asemănător cu celula de măsură CIGRE sau CEI, destinat laboratoarelor de cercetări, și un al doilea tip, mai puțin pretențios, capabil însă să satisfacă exigențele de măsurare în exploatare (după cum și instrumentele de măsură electrice se divid, după precizie, în mai multe clase). Considerăm că tipul de celulă experimentat în laboratorul PRAM al CET Grozăvești ar corespunde necesităților laboratoarelor de exploatare, așa cum s-a arătat mai sus, și poate, în cazul unei prelucrări îngrijite, să realizeze performanțele de precizie arătate; de aceea se propune să fie luat în considerare la elaborarea standardului ca celulă tip pentru laboratoare de exploatare.

Bibliografie

[1] *Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și stațiilor electrice* (PET). București, Editura ICSE, ed. a II-a, 1960.

[2] Segall, H. *Cercetări cu privire la micșorarea pierderilor dielectrice ale uleiului de transformator.* București, IDT, 1959.

[3] *Sosud-kondensator dlea izmereniia ugla dielektriceskih poteri jidkih dielektrikov.* GOST 6581—53.

[4] *The Tentative Methods of Test for Power Factor and Dielectric Constant of Electrical Insulating Oil.* (ASTM-D-150). ASTM-Book, vol. 6, p. 675—676 și 683, apendix III, p. 500. Completat cu: ASTM-D-1040-58T și ASTM-D-117-58.

[5] *Test for Dielectric Constant of Electrical Insulation and Loss Characteristics of Electrical Insulating Materials* (D-150-54T). ASTM-Standards 1958, part 9, p. 645—687 și D-924-58, p. 896—901.

[6] CIGRE. *Compte-rendu des travaux de la 17-e session*, 4—14 Juin 1958, tome 5, p. 430 (discuțiile în grupa 14: Uleiuri izolante și izolanți, din 10 iunie 1958).

[7] *Ringschutz kondensator typ* 2903. Prospectul firmei Tetex-Zürich, nr. 2903, 24 apr. 1957.

[8] Bajanov, V. și Voskresenski, N. *Sosud-kondensator dlea izmereniia* tg δ *masla.* Elektriceskie stanții nr. 7, 1955, p. 49—50.

[9] Aptov, I. S. și Homiakov, M. V. *Uhod za izolaționîm maslom.* Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1960.

[10] *Materialele electroizolante — Metode pentru determinarea permitivității (constantei dielectrice) relative și a tangentei unghiului de pierderi dielectrice.* STAS 2740—60; F. 34.

În ajutorul exploatării

Despre unele metode noi de reanimare a electrocutaţilor

Dr. *ROLLA LASZLO* şi ing. *TOMA LASZLO*

De cele mai multe ori, readucerea la viaţă a electrocutaţilor depinde nu atît de ajutorul personalului medical de specialitate, cît de prezenţa de spirit, cunoştinţele şi seriozitatea personalului tehnic nemedical aflat în apropierea accidentatului.

De aceea se consideră utilă cunoaşterea unor metode noi de reanimare aplicabile în teren, la locul accidentului sau în apropierea lui, de către acei care prin munca lor pot fi expuşi electrocutării.

*

O statistică din anii 1930—1938 [1] arată că, din 3091 accidente datorită electricităţii, 1041 (33,5%) au fost electrocutări cu pierderea cunoştinţei. Dintre aceştia, numai la 618 (20 %) li s-au efectuat încercări de reanimare, iar la 265 (8,5%) încercările au fost încununate de succes şi au fost aduşi la viaţă.

Deci aproape jumătate din cei cărora li s-au aplicat mijloacele de reanimare au fost redaţi vieţii.

Această statistică arată importanţa reanimării şi pune problema găsirii unor metode din ce în ce mai bune şi mai perfecţionate pentru recuperarea tuturor accidentaţilor.

Efectele curentului electric asupra organismului uman

Efectele curentului electric asupra organismului uman depind de:

- intensitatea curentului;
- frecvenţa curentului;
- calea curentului;
- proprietăţile individuale ale persoanelor accidentate;
- durata curentului [2], [3], [4].

Intensitatea curentului. Curentul alternativ cu o frecvenţă de 50 Hz şi cu o intensitate de la 1—10 mA produce doar tremurături în degetele mîinii şi antebraţ.

Între 10 şi 25 mA se produc contracţii puternice ale muşchilor, care nu mai permit eliberarea contactelor.

Între 25 şi 50 mA se produc contracţii puternice pînă la tetanie a muşchilor respiratori, astfel că respiraţia poate fi oprită temporar, situaţie care duce la moarte aparentă, dar victima poate fi reanimată.

Între 50 şi 80 mA, muşchiul cardiac se contractă foarte rapid, pînă la 1000 ori pe minut, fenomen numit fibrilaţie. Aceste contracţii rapide consumă în întregime rezervele energetice ale inimii, care se opreşte definitiv.

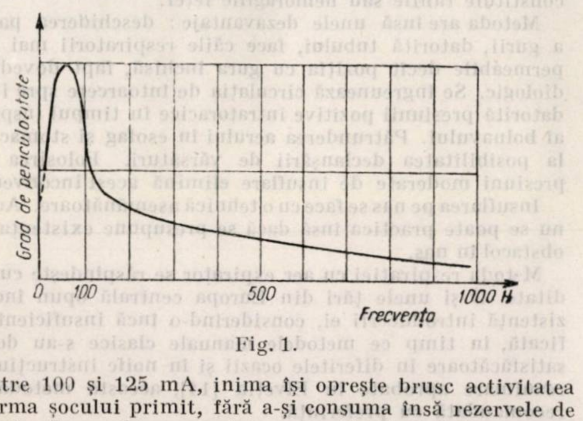


Fig. 1.

Între 100 şi 125 mA, inima îşi opreşte brusc activitatea în urma şocului primit, fără a-şi consuma însă rezervele de energie. Se produce moartea aparentă, dar victima poate fi reanimată şi în acest caz.

Frecvenţa curentului. Efectele curentului electric asupra organismului sînt influenţate mult de frecvenţă (fig. 1). 40—60 Hz constituie gama de frecvenţă cea mai periculoasă. Curentul continuu are efect de circa 3—4 ori mai slab decît curentul alternativ de frecvenţă industrială.

Calea curentului este importantă pentru cota-parte din curentul total care trece prin inimă, plămîni sau creier.

Astfel s-a determinat experimental cota-parte ce trece prin inimă, pentru diferite cazuri de parcurs.

Tabela 1

Parcursul curentului	Cota-parte din curentul total ce trece prin inimă, %
Mînă — mînă	3,3
Mîna stîngă — picioare	3,7
Mîna dreaptă — picioare	6,7
Mîna stîngă — piciorul drept	5
Mîna dreaptă — piciorul drept	7,3
Picior — picior	0,4

Din tabela 1 rezultă evident poziţiile cele mai periculoase.

Proprietăţile particulare ale persoanelor accidentate

De acest capitol este legată problema rezistenţei electrice a corpului omenesc în general şi în unele condiţii speciale.

Rezistenţa totală a organismului se împarte în rezistenţe de contact şi rezistenţe interioare.

Rezistenţa de contact este reprezentată mai ales de rezistenţa pielii. Aceasta poate fi mai groasă sau mai subţire, mai bogată în glande şi canale sudoripare, mai umedă sau mai uscată. Stratul cornos este dielectricul din epidermă. Tensiunea de străpungere a pielii depinde de grosimea şi de continuitatea acestui strat. Astfel se explică de ce electricienii bătrîni pot măsura tensiuni de ordinul 200—300 V fără nici o consecinţă, pe cînd alţii suferă leziuni serioase.

Rezistenţa interioară a corpului depinde practic numai de parcurs şi de constituţia individuală.

Rezistenţele masive, reprezentînd cam 60% din rezistenţa totală interioară, se află în încheieturile mîinilor şi picioarelor.

Durata acţiunii curentului. O acţiune de scurtă durată a curentului provoacă rar paralizia inimii sau a respiraţiei.

La un curent de scurtă durată, pericolul depinde de faza în care se găseşte inima. În faza de relaxare, ea este deosebit de sensibilă la acţiunea curentului electric, în timp ce în faza de contracţie este mai refractară.

Un curent care durează mai mult de o secundă este imposibil să nu coincidă cu faza de relaxare a inimii, deoarece timp de 0,1 s între fiecare contractare sau dilatare inima se găseşte în fază de relaxare.

Principiile de reanimare în cazuri de electrocutare

După cum rezultă din cele expuse, consecinţele grave, dar nu ireversibile, ale electrocutării sînt paralizia muşchilor respiratori şi oprirea inimii, care duc la instalarea morţii aparente.

De urgenţa şi eficienţa primului ajutor acordat depinde evoluţia de la moarte aparentă spre revenire la viaţă sau spre moarte definitivă.

Principiul conducător în aplicarea reanimării trebuie să fie următorul : omul electrocutat poate fi salvat uneori chiar dacă pare mort, deci în ciuda unei evidențe care pare demobilizantă. Trebuie aplicate cu energie și pe durata prescrisă toate măsurile de reanimare cunoscute și care ne stau la îndemînă.

Evident că prima măsură va fi întreruperea curentului electric sau îndepărtarea accidentatului printr-un mijloc oarecare de sub acțiunea curentului.

În continuare se impune aplicarea măsurilor de reanimare cît mai urgent, căci întreruperea circulației sanguine, ca o consecință a opririi inimii, pentru un interval de timp ce depășește 6 minute, duce la tulburări ireversibile ale celulelor scoarței cerebrale și ale centrilor vitali aflați acolo și astfel restabilirea vieții devine imposibilă.

Reanimarea va avea deci ca sarcină menținerea respirației și a circulației, mai bine zis menținerea funcțiunilor vitale pînă la restabilirea activității mușchilor respiratorii.

Metode de reanimare

Metodele de reanimare cele mai des utilizate și răspîndite în practica obișnuită sînt cele de respirație artificială executate manual.

În literatura mondială se descriu o mulțime de tehnici de respirație artificială (peste 120), dintre care numai patru sînt mai răspîndite :

1. Metoda Sylvester-Brosch, cunoscută la noi sub denumirea de metodă Sylvester.
2. Metoda Howard-Thomson, cunoscută la noi sub denumirea de metodă Thomson.
3. Metoda Schäfer.
4. Metoda Holger-Nielsen.

Primele două metode (Sylvester și Thomson) se aplică asupra accidentatului culcat pe spate, cu fața în sus. Ultimele două (Schäfer și Holger-Nielsen) se execută asupra bolnavului culcat pe burtă, cu fața în jos.

Poziția pe spate, cu fața în sus, mai fiziologică pentru respirație, favorizează presiunea negativă din torace (antrenînd prin aceasta o mai bună circulație în plămîni) și permite asocierea altor metode manuale sau mecanice aplicabile pe suprafața toracelui.

Aceste metode clasice au dezavantajul că nu pot fi aplicate accidentaților, care prezintă leziuni sau arsuri ale toracelui și pot provoca răniri suplimentare (fractură de coaste etc.) aplicate de mîini neinițiate.

La aceste dezavantaje se adaugă și faptul că sînt obositoare pentru salvatori. De exemplu, pentru metoda Sylvester, se recomandă prezența a doi executanți, care să acționeze alternativ.

În căutarea unor metode noi, superioare, care să elimine dezavantajele metodelor vechi, s-a ajuns la perfecționarea și revalorificarea unei metode mai vechi, cunoscută încă din antichitate, denumită respirația artificială cu aer expirator [5], [6], [7], [13]. Metoda se aplică în diferite variante : respirația directă gură la gură, respirația gură la nas sau respirația gură la gură prin intermediul unui tub.

Este drept că aerul expirator conține numai circa 17% oxigen, față de concentrația de 21% a oxigenului din aerul proaspăt, însă cu această metodă se poate obține un volum respirator de 1000 ml aer și chiar mai mare, în timp ce prin tehnicile manuale cele mai bune se obține volumul respirator de numai 400—800 ml aer.

Descrierea tehnicii. Bolnavul va fi culcat cu fața în sus, pe un pat sau o masă. Cu un tampon, sau cu degetul învelit într-o bucată de pînză, se șterg mucozitățile din gură.

Pentru menținerea gurii deschise, se împinge cu policele obrazul între arcadele dentare.

Capul bolnavului va fi pus în hiperextensie, iar mandibula împinsă înainte.

Se pensează apoi nasul bolnavului cu degetele sau cu un clește de rufe, i se acoperă gura cu o pînză (batistă etc.), începîndu-se insuflarea ritmică amplă a aerului expirator, cu o frecvență de 12—20 respirații pe minut. Expirația este pasivă.

În timpul reanimării se va urmări cu privirea toracele pentru a observa eficiența respirației sau eventuala revenire a respirației spontane.

Respirația artificială va fi menținută pînă la revenirea respirației spontane (3—4 ore) sau pînă la încetarea definitivă a bătăilor inimii.

Există numeroase modele de tuburi pentru respirația cu aer expirator.

Un tub respirator simplu se poate confecționa dintr-o bucată de țeavă de cauciuc cu o lungime de circa 15 cm și 1 cm diametru.

La 6 cm de una din extremități se inserează o foaie ovală de cauciuc de 3—6 cm, cu o gaură strîmtă la centru. Tubul se introduce în gura bolnavului, cu extremitatea mai scurtă, care servește la apăsarea limbii pe planșeul bucal pentru a menține aerului cale liberă de acces.

Extremitatea cealaltă a tubului, prevăzută eventual cu o altă piesă bucală similară, este ținută în gură de reanimator.

Timpul inspirator al bolnavului este realizat prin pensarea nasului și suflarea pe tub.

Timpul expirator se face prin obstruarea extremității tubului din gura reanimatorului (cu limba sau dinții) și lăsarea liberă a nărilor bolnavului.

Totodată reanimatorul inspiră aer proaspăt.

Deci bolnavul inspiră pe gură și expiră pe nas, iar reanimatorul invers.

Reanimatorul se va așeza întotdeauna în dreapta bolnavului, va ține cu degetele mîinii drepte mandibula împinsă anterior și superior, mîna stîngă fiind liberă pentru controlarea pulsului.

Acest tub simplu poate fi ținut sterilizat, într-o pungă de pînză, de hîrtie sau de material plastic, gata oricînd pentru întrebuințare.

Un dispozitiv mai perfecționat este descris în [13]. Acesta este compus din două porțiuni de tub din cauciuc sau material plastic, îmbinate cu ajutorul unui tub rigid, care trece printr-o placă ovală (fig. 2). Această placă servește pentru stabilirea poziției dispozitivului în așa fel încît porțiunea rigidizată să ajungă între dinții accidentatului. În acest fel se asigură mai bine trecerea liberă a aerului prin tub.

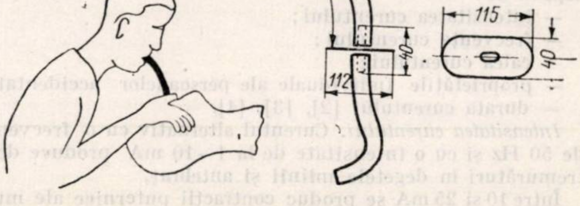


Fig. 2.

Respirația ororală (gură la gură) are avantaje importante : poate fi aplicată de oricine în condițiile cele mai critice, chiar și în cazuri de leziuni toracice. Singura contraindicație o constituie rănile sau hemoragiile feței.

Metoda are însă unele dezavantaje : deschiderea parțială a gurii, datorită tubului, face căile respiratorii mai puțin permeabile decît poziția cu gura închisă, fapt dovedit radiologic. Se îngreunează circulația de întoarcere spre inimă, datorită presiunii pozitive intratoracice în timpul inspirator al bolnavului. Pătrunderea aerului în esofag și stomac duce la posibilitatea declanșării de vărsături. Folosirea unor presiuni moderate de insuflare elimină acest inconvenient.

Insuflarea pe nas se face cu o tehnică asemănătoare. Aceasta nu se poate practica însă dacă se presupune existența unui obstacol în nas.

Metoda respirației cu aer expirator se răspîndește cu rapiditate. Deși unele țări din Europa centrală opun încă rezistență introducerii ei, considerînd-o încă insuficient verificată, în timp ce metodele manuale clasice s-au dovedit satisfăcătoare în diferitele ocazii și în noile instrucțiuni de reanimare aprobate în Elveția [14], această metodă este recomandată cu preferință.

O altă metodă recentă de reanimare o constituie targa basculantă (fig. 3), [5], [8], [9].

Ea constă dintr-o targă obişnuită deschisă, aşezată pe două picioare, prevăzută cu perne şi cordoane.

Bolnavul este culcat pe burtă şi legat cu cordoane. Pentru a elibera căile respiratorii de un eventual obstacol aflat acolo se începe cu mişcarea de basculă în jos.

Capul ajungînd jos, diafragmul şi organele abdominale coboară, cavitatea toracică se măreşte, apare o depresiune care conduce la inspiraţia de aer.

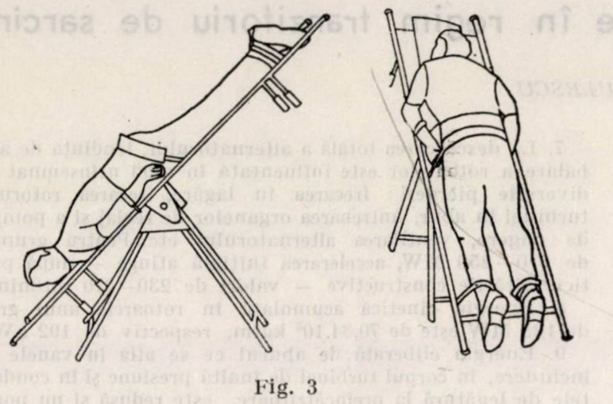


Fig. 3

Mişcarea de basculare trebuie să se repete de zece ori pe minut.

Experimental s-a constatat pe cîini mari, ai căror muşchi respiratori au fost complet paralizaţi cu ajutorul medicamentelor, că prin respiraţia obţinută cu ajutorul tărgii basculante s-a putut menţine concentraţia de CO_2 în plămîni în limite normale.

După unii, volumul de aer inspirat cu metoda tărgii basculante ar fi mai mic decît cel dat de metodele normale clasice; totuşi şi cu această metodă se poate obţine o respiraţie eficientă.

Volumul de aer inspirat depinde şi de unghiul de înclinare a tărgii. Se consideră că unghiul de 45° ar corespunde înclinaţiei optime.

Metoda reanimării cu targa basculantă prezintă următoarele avantaje: permite cruţarea accidentatului avînd leziuni corporale şi nu dă naştere la eventuale leziuni noi. Prin mişcarea de basculare în jos, se asigură eliberarea căilor respiratorii superioare de vreun eventual obstacol şi deci ajungerea aerului în plămîni.

Targa basculantă asigură o presiune fiziologică în cutia toracică, necesară condiţiilor de bună circulaţie a sîngelui.

Dacă însă inima s-a oprit în urma fibrilaţiei, targa basculantă nu poate asigura, numai prin mişcările ei, alimentarea cu sînge a organelor vitale.

Targa este uşor de transportat şi se poate pune în poziţie de funcţionare într-un timp scurt (60—90 s.).

Pentru fixarea bolnavului pe targă, este bine să fie doi-trei ajutori, ca să decurgă cît mai rapid, dar pentru basculare este suficientă şi o singură persoană, căci centrul de greutate al tărgii fiind chiar în dreptul punctului fix, efortul fizic necesar pentru basculare este minim.

Instalarea accidentatului pe targă se face cu targa demontată de pe suport. Targa se va monta pe suport după ce accidentatul a fost bine fixat şi legat.

Evident că pentru a fi utilă, targa basculantă va trebui să fie instalată în mod permanent în apropierea locurilor unde există pericol de accident prin electrocutare (centrale şi staţii electrice).

O altă metodă recentă de reanimare o constituie excitarea centrului respirator din creier cu ajutorul electrostimulatorului [10], [11], [12].

Aparatul denumit electrostimulator este, de fapt, un generator de impulsuri dreptunghiulare de 80—100 Hz frecvenţă, care poate fi alimentat şi cu baterie de buzunar.

Raportul dintre durata impulsului şi durata pauzei este de 1 : 1,5.

Electrozii se aplică pe craniul pacientului.

Curenţii de tratament variază între 5 şi 25 mA, iar tensiunile la borne între 0,8 şi 10,5 V, în funcţie de rezistenţa electrică a craniului.

Valoarea curentului de tratament este controlată şi reglată cu un potenţiometru.

Metoda este simplă, nepericuloasă, chiar şi în mîna persoanelor neinstruite. Poate fi aplicată la accidentaţi cu plăgi externe sau leziuni interne şi nu poate pricinui nici un fel de neajuns accidentatului.

În plus, electrostimulatorul are avantajul că stabileşte de la începutul aplicării şansele reanimării. Dacă după primele minute de stimulare accidentatul nu-şi revine, sînt puţine şanse de a-şi reveni mai tîrziu.

Unele metode de reanimare, clasice sau recente, pot fi asociate şi cu masajul cardiac extratoracic.

Pentru a putea aplica masajul cardiac extratoracic, bolnavul trebuie culcat pe un pat tare, cu faţa în sus, capul coborît pe cît posibil şi toracele descoperit.

Se aplică apoi o palmă în plin stern, cu baza palmei spre partea inferioară sternului (spre apendicele xifoid), şi cu degetele întinse spre gît, iar cealaltă palmă deasupra celei dintîi, operatorul stînd cu faţa spre capul bolnavului. Se imprimă apoi 60—80 apăsări pe minut, scurte şi energice, degetele fiind ţinute rigid. În acest mod, diametrul toracic se reduce cu 3—6 cm, ceea ce duce la comprimarea inimii între stern şi coloana vertebrală.

Efectuarea manevrei pe un plan moale poate amortiza complet compresiunea inimii.

Experimental s-a dovedit că se poate obţine un puls radial şi o tensiune arterială maximă, de 50—100 mm Hg, timp de 50—60 minute.

Concluzii

Se relevă în primul rînd importanţa pregătirii temeinice a personalului nemedical, în sensul cunoaşterii principiilor reanimării şi cîştigării exerciţiului necesar pentru a putea aplica corect reanimarea în orice situaţie.

În al doilea rînd se relevă importanţa introducerii unor metode noi de reanimare, cu ajutorul cărora se pot lărgi mult posibilităţile de salvare a electrocutaţilor, şi anume:

— metodele bazate pe aerul expirator, aplicabile mai ales atunci cînd accidentul s-a produs într-un loc îndepărtat de vreun punct de prim-ajutor;

— metoda tărgii basculante, aplicabilă în condiţii optime la accidente produse în apropiere de punctele de exploatare ale centrelor şi reţelelor electrice;

— utilizarea electrostimulatorului.

În lumina celor de mai sus se consideră oportună revizuirea instrucţiunilor de prim-ajutor pentru electrocutaţi şi completarea metodelor de respiraţie artificială recomandate cu metoda de respiraţie cu aer expirator.

Cu privire la metoda tărgii basculante şi a electrostimulatorului, se propune organizarea unor schimburi de experienţă pentru a clarifica modul de utilizare şi detaliile tehnice de realizare.

Bibliografie

[1] Schneider, O. *Wiederbelebungsversuche nach Unfällen durch elektrischen Strom.* ETZ – A, nr. 4/1959, p. 99.

[2] Kuznetov, A. I. *Tehnica securităţii în instalaţiile electrice* (traducere din limba rusă). Editura tehnică, 1952.

[3] Löbl, O. *Erdung, Nullung und Schutz-schaltung.* I. Springer Berlin, 1933.

[4] Freiberger, H. *Der elektrische Widerstand des menschlichen Korpers gegen technischen Gleich-und Wechselstrom.* I. Springer Berlin, 1934.

[5] Kittel, H. *Aktuelles über die Wiederbelebung nach elektrischen Unfällen.* Energietechnik nr. 4/1961, p. 179.

[6] Buckup, H., Fessler, W., Jancik, G. ş.a. *Din practica reanimării în cazul accidentelor în muncă* (traducere din limba germană). Protecţia muncii şi igiena industrială IDT nr. 10/1958, p. 18.

[7] Fischer, H. *Die Wiederbelebung der elektrischen Verunfallten.* Buletin ASE nr. 15/1960, p. 751.

[8] Stieglitz, R. şi Kupkel R. *Die Beatmung nach Unfällen durch elektrischen Strom.* Der Elektro-Praktiker nr. 11/1961, p. 384.

[9] Stieglitz, R. *Zur „Wippe" als Beatmungsgerät-speziell nach Unfällen. durch elektrischen Strom.* Der Elektro-Praktiker nr. 11/1961, p. 386.

[10] Nyirö, Gy., Kaffka, K. şi Zsombok, Gy. *Mi a stimulacio es mi az elektrostimulator.* Villamossag nr. 7/1956, p. 193.

[11] Kaffka, K. *A villamos aram, az elektromagneses eroter es az atomhasadasbol eredö sugarzasok hatasa az emberi szervezetre.* Villamossag nr. 6/1958, p. 181.

[12] Turan, Gy. *Uj lehetösegek villamos balesetet szenvedettek feléleszlésére.* Villamossag nr. 7/1956, p. 215.

[13] Hablov, V. S. şi Petrov, K. T. *Nailucişii metod iskustvennogo dihania.* Energhetik nr. 6/1959, p. 36.

[14] *Instructions pour les premiers secours en cas d'accidents causés par les installations électriques.* Bull. ASE nr. 4/1963, p. 133.

ENERGETICA
peste hotare

Comportarea agregatelor energetice în regim tranzitoriu de sarcină

Ing. *C. DINULESCU*

Variațiile de sarcină electrică antrenează un dezechilibru între energia de intrare și cea de ieșire în perioada de trecere de la vechiul regim stabil la cel nou, adică pe întreaga durată necesară organelor de reglare pentru restabilirea echilibrului între cele două energii. Creșterile de sarcină au efecte numai de ordin economic; scăderile de sarcină însă, după importanța lor, pot duce la perturbații în exploatare (deschiderea supapelor de siguranță la cazane, depășiri de temperatură), și chiar la riscuri: ambalări pînă la valori periculoase ale rotoarelor grupului. Efectele dezechilibrului între cele două energii sînt limitate, în principal, de inerția termică a cazanului (masa metalică și cantitățile de fluide apă și abur), respectiv de inerția mecanică a rotoarelor turbinei și alternatorului.

În literatură [1] sînt prezentate amănunțit toate fenomenele care apar în regimurile tranzitorii de scădere și creștere a sarcinii electrice. Deoarece metoda analitică nu poate fi aplicată riguros, din cauza complexității proceselor care au loc și a influențelor reciproce, s-a făcut o serie de ipoteze simplificatoare, care permit un calcul suficient de strîns și obținerea pe această cale a unei imagini suficient de clare asupra comportării utilajului în perioada de tranziție. Calculele efectuate asupra unor unități mari și relativ recente instalate în Franța sînt foarte edificatoare.

Pentru acest motiv și pentru că consecințele ambalărilor pot deveni deosebit de grave în exploatarea turbinei, se redau în cele ce urmează constatările și concluziile lucrării [1]:

1. La cazanele moderne (puternic ecranate), căldura acumulată în zidăria refractară și în pereții canalelor de gaze arse este considerată ca neglijabilă.

2. La presiuni ridicate (120 at), numai metalul și aburul joacă rolul de „volant”, absorbind căldura la creșterea presiunii, pe cînd căldura excedentară din apă amplifică dezechilibrul caloric.

3. Proporția de căldură acumulată în metal crește cu parametrii aburului (din cauza creșterii grosimii pereților), pe cînd cea acumulată în apă scade, din cauza cantității mai reduse de apă. Aceasta explică faptul că, contrar așteptărilor, capacitatea de autovaporizare nu scade la parametri ridicați.

4. Diferența între timbru (presiunea de lucru a supapelor de siguranță), și cea normală, care limitează capacitatea de acumulare a cazanului, trebuie să fie suficient de mare pentru a evita funcționarea frecventă — și deci riscul de deteriorare rapidă — a supapelor de siguranță.

5. La o creștere bruscă cu 20% a debitului de abur, debitul de combustibil rămînînd neschimbat, presiunea scade cu 1% din valoarea nominală în circa 15 secunde, sau cu aproximativ 5 kg/cm^2/min. Această scădere de presiune — ca și cea de temperatură, de care este însoțită — este suportată ușor de turbine.

6. Scăderea bruscă și totală a sarcinii antrenează creșterea presiunii pînă la cea de lucru a supapelor în 10—20 s. Efectele reglării automate a procesului de ardere făcîndu-se simțite cu o întîrziere de minimum 30 s, înseamnă că funcționarea supapelor de siguranță nu poate fi evitată decît dacă se recurge la una dintre următoarele măsuri speciale:

— introducerea unui releu instantaneu de stingere a focurilor;

— descărcarea aburului în condensatorul turbinei, după o prealabilă răcire și reducere a presiunii; această ultimă măsură are, evident, avantajul restabilirii funcționării normale a blocului în timp scurt.

7. La descărcarea totală a alternatorului, tendința de ambalare a rotoarelor este influențată în mod neînsemnat de diversele pierderi: frecarea în lagăre, frecarea rotorului turbinei în abur, antrenarea organelor de reglaj și a pompei de ungere, ventilarea alternatorului etc. Pentru grupuri de 110—250 MW, accelerarea inițială atinge — după particularitățile constructive — valori de 230—370 rot/min/s.

8. Energia cinetică acumulată în rotoarele unui grup de 125 MW este de 70,34.10^6 kgfm, respectiv de 192 kWh.

9. Energia eliberată de aburul ce se află în vanele de închidere, în corpul turbinei de înaltă presiune și în conductele de legătură la preîncălzitoare, este redusă și nu poate provoca o ambalare mai mare de 40 rot/min.

10. Energia eliberată de aburul conținut în supraîncălzitorul intermediar și în conductele de legătură reprezintă 163 kWh, adică circa 70% din aceea a rotoarelor, la 3 000 rot/min, ceea ce poate provoca o ambalare pînă la circa 4 000 rot/min.

11. Destinderea condensatului secundar din preîncălzitoarele regenerative și pătrunderea aburului în turbină, în cazul neînchiderii ventilelor de întoarcere, poate provoca o ambalare care crește, în funcție de treapta de priză, de la 10 rot/min la 190 rot/min.

12. Ambalarea cea mai ridicată (pînă la 5 500 rot/min) poate rezulta din vaporizarea apei din degazor.

13. Proba de rezistență mecanică a rotoarelor în fabrică făcîndu-se la 3 600 rot/min, înseamnă că în exploatare nu se poate depăși această viteză fără riscul de avarii. Organele de protecție lucrînd la circa 3 300 rot/min, și o ambalare suplimentară de circa 50 rot/min fiind inevitabilă prin destinderea aburului cuprins în turbină după supapa automată, înseamnă că maximul de ambalare ce ar mai putea fi tolerată prin funcționarea defectuoasă a celorlalte organe de protecție este de 3 600 — (3 300 + 50) = 250 rot/min. Consecința practică este că pe conducta de legătură la degazor, ca și pe aceea de întoarcere de la supraîncălzitorul intermediar, trebuie dublate organele de protecție.

14. În cazul funcționării corecte (la 3 300 rot/min) a ventilelor de închidere rapidă, ambalarea maximă în cazul nefuncționării ventilelor de reglare este de ordinul 3 410 rot/min. Creșterea cu 3 410—3 300 = 110 rot/min, denumită și ireductibilă, rezultă din:

— timpul mort și de închidere de ordinul 0,2 s al supapelor automate de protecție de înaltă presiune și medie presiune, care antrenează o creștere de circa 40 rot/min;

— lipsa ventilelor de întoarcere la prizele 1 și 2, ceea ce antrenează o creștere cu circa 30 rot/min;

— destinderea pînă la presiunea din condensator a aburului cuprins în corpul de medie presiune și pînă la presiunea din supraîncălzitorul intermediar a aburului cuprins în corpul de înaltă presiune.

*

În problema ambalării și a mijloacelor de combatere a acestui risc, date utile se găsesc și în [2], din care se extrage:

1. La descărcarea totală a grupurilor moderne, accelerația inițială poate să atingă:

— 200—400 rot/min/s în cazul turbinelor cu condensație sau cu condensație și priză reglabilă;

— minimum 500 rot/min/s în cazul turbinelor cu contrapresiune.

2. Pierderile mecanice și de ventilare, reprezentînd numai cîteva sutimi din puterea nominală, pot fi acoperite numai

prin destinderea aburului „scăpat" prin supapele de reglaj închise imperfect.

3. Destinderea aburului aflat în turbină, precum şi pătrunderea de abur prin supapele automate de protecţie, în intervalul foarte scurt de timp de sesizare şi închidere, duc inevitabil la o creştere „ireductibilă" a vitezei, de minimum 100 rot/min.

4. După particularităţile constructive, toate organele de admitere a aburului în turbină trebuie să fie practic închise în 1—3 s. Ambalarea maximă nu trebuie să depăşească 3 600 rot/min, adică valoarea de încercare la supraviteză, la expedierea din fabrică.

5. La grupurile moderne, riscul de ambalare este mărit, din următoarele cauze :

— rotoarele relativ mai uşoare ;
— creşterea numărului de ventile de reglare ;
— apariţia ciclului cu supraîncălzire intermediară ;
— creşterea numărului de prize şi ridicarea presiunii la primele prize (de înaltă presiune) ;
— creşterea presiunii de ulei, a dimensiunilor releelor şi servomotoarelor din circuitele de reglare.

Aceste împrejurări agravante impun obligaţia de a se prevedea (la grupurile moderne) două dispozitive independente de protecţie contra ambalării.

6. Printre clauzele de contractare figurează şi următoarele condiţii referitoare la organele de reglaj şi de protecţie :

a) La descărcarea totală a sarcinii, creşterea vitezei nu trebuie să depăşească 220 rot/min la un statism mediu de 4% ; depăşirea acestei valori numai cu 10 rot/min conferă beneficiarului dreptul de a refuza furnitura.

b) La diversele încercări de supraviteză, declanşatoarele trebuie să funcţioneze la turaţii care să nu difere între ele cu mai mult de 10 rot/min.

c) În cazul cel mai grav de nefuncţionare a sistemului de reglaj, organele de protecţie trebuie să evite depăşirea turaţiei de maximum 3 600 rot/min. Drept cea mai grea situaţie antrenată de defectarea sistemului de reglaj, se admite rămînerea supapelor de reglaj în poziţie complet deschisă.

7. Închiderea supapelor de reglare trebuie să fie atît de bună, încît puterea produsă de scăpările de abur să nu depăşească cu mai mult de 20% pierderile mecanice şi de ventilaţie la mersul în gol.

Bibliografie

[1] **Denoyers**, J. *Energie enmagasinée dans une tranche thermique.* Revue générale de Thermique, février 1962, p. 27—42.

[2] **Junon**, P. *Le contrôle des régulateurs et des dispositifs de sécurité limitant l'accroissement de vitesse des groupes turboalternateurs.* Revue générale de l'Electricité, novembre 1960, p. 557—577.

RECENZII

Gusev, I. L. şi Kopiev, S. F. **Instalaţii de cazane şi reţele termice**. Editura de stat pentru construcţii, arhitectură şi materiale de construcţii (Gosstroizdat), Moscova, 1962, 312 p.

Cartea este aprobată de către Ministerul Construcţiilor din R.S.F.S.R. ca manual pentru şcolile medii tehnice de construcţii la specialitatea Instalaţiile tehnico-sanitare ale clădirilor. Poate fi, de asemenea, utilizată pentru ridicarea calificării muncitorilor şi tehnicienilor din exploatarea instalaţiilor de încălzire centrală, precum şi a reţelelor de termoficare şi a punctelor termice.

Cartea este împărţită în trei părţi :

I — Elemente de termodinamică tehnică şi bazele transmiterii căldurii.

II — Combustibili, focare şi instalaţii de cazane.

III — Reţele termice.

Gruparea acestor trei părţi diferite într-o lucrare unică se datoreşte, desigur, destinaţiei de manual pentru un anumit domeniu de specializare de cadre tehnice medii.

Partea I a cărţii cuprinde trei capitole, în care se prezintă foarte pe scurt elemente privind proprietăţile de bază ale termodinamicii, procesele de transformare şi bazelor transmiterii căldurii.

Această parte are un caracter recapitulativ al unor noţiuni studiate şi aprofundate în alte lucrări.

Partea a II-a a cărţii are şase capitole, în care se tratează probleme legate de combustibili şi caracteristicile acestora, procese de ardere, tipuri de focare şi realizarea constructivă a focarelor, tipuri de cazane şi părţile componente ale acestora, precum şi ansamblul instalaţiilor aferente centralelor termice.

Se expun suficient de amănunţit unele probleme legate de arderea şi instalaţiile de ardere a combustibililor solizi, folosite în U.R.S.S. Problemele legate de arderea combustibililor lichizi şi gazoşi sînt tratate într-o măsură mult mai restrînsă

De asemenea lipsesc elemente privind ultimele realizări de tipuri noi de cazane, realizarea constructivă a acestora, automatizarea centralelor termice şi integrarea lor în ansamblul deservit.

Partea a III-a a cărţii cuprinde trei capitole, în care se expun noţiuni asupra surselor de căldură şi schemelor de alimentare cu căldură ; se prezintă consumatorii de căldură, sarcinile termice şi schemele de racordare la reţele de termoficare, puncte termice şi utilajul pentru puncte termice, realizarea constructivă a reţelelor de termoficare, sisteme de aşezare, tipuri de canale de termoficare, elemente de calcul hidraulic şi consideraţii asupra regimului de presiuni din reţelele de termoficare.

Cu tot profilul şi destinaţia sa specială în ansamblul său, cartea „Instalaţii de cazane şi reţele termice" constituie şi pentru noi un material interesant de folosit cu ocazia organizării de cursuri de pregătire sau de ridicare a calificării personalului de muncitori şi tehnicieni din domeniul exploatării de centrale termice şi reţele de termoficare.

Ing. **Gh. Colţ**
şi ing. **H. Furtunescu**

DOCUMENTARE

Energetică generală

Şeremetiev, G. V. **Determinarea zonei de alimentare centralizată a raioanelor rurale şi problema alegerii surselor de energie în afara acestor zone.** Elektricestvo, nr. 3/1963, p. 5.

În articol este supusă unei analize problema distanţei de la care este raţională alimentarea consumatorilor rurali de la sistemele energetice pe liniile de 110, 35 şi 10 kV. Această distanţă este în funcţie de :

— indicii tehnico-economici ai sistemului energetic respectiv, adică preţul de cost al energiei electrice şi costul specific al măririi puterii surselor de energie ;

— indicii ce caracterizează pe consumator (densitatea de încărcare a reţelei, distribuţia teritorială a punctelor de consum, puterile individuale ale consumatorilor, regimul de consum, coeficientul cotei-părţi a vîrfului sarcinii rurale în graficul sistemului energetic etc.).

Toţi aceşti indici trebuie luaţi în considerare la determinarea graniţelor alimentării centralizate, deoarece, pentru diferite sisteme energetice şi diferiţi consumatori, aceste graniţe se vor afla la distanţe diferite de la punctele de bază ale reţelei sistemului energetic.

Autorul recomandă metodica de calcul, factorii ce trebuie luaţi în considerare pentru comparaţia variantelor în vederea ajungerii la soluţii optime şi trage următoarele concluzii cu caracter general :

1. Sursa de bază pentru alimentarea agriculturii cu energie electrică trebuie să devină în viitor sistemele energetice şi marile centrale electrice industriale şi comunale.

În raioanele depărtate de sistemele energetice trebuie create pentru electrificarea agriculturii centrale termoelectrice rurale, în primul rînd cu motoare Diesel, şi hidraulice, iar în unele cazuri centrale cu turbine cu abur sau gaze.

2. Utilitatea centralelor rurale hidraulice sau termoelectrice trebuie să fie determinată de condiţiile concrete.

3. Alimentarea de la termocentrale Diesel este în majoritatea cazurilor raţională numai în cazul depărtării de peste 170 km de la staţiile sistemului energetic. La o depărtare sub 60 km de la staţiile sistemului energetic este mai raţională o alimentare centralizată.

4. În zonele unde alimentarea centralizată este neraţională trebuie ales între două forme de alimentare descentralizată :

— descentralizarea completă, prin instalarea de mici centrale Diesel în fiecare localitate, cu distribuţie în joasă tensiune ;

— centralizarea locală, prin construcţia de centrale electrice de putere mărită, cu repartiţia energiei la o tensiune de 10 kV şi cu priză parţială pe joasă tensiune.

Oportunitatea unei metode de alimentare electrică sau a alteia depinde de densitatea sarcinii şi amplasarea consumatorilor.

b.v.

Electroenergetică

Kulebakin, V. S. şi Venikov, V. A. **Mărirea frecvenţei curentului alternativ şi determinarea valorii ei optime pentru electrificarea de perspectivă a U.R.S.S.** Elektricestvo **34** (1963), nr. 3, p. 9—14.

Faţă de cantitatea instalaţiilor electroenergetice necesare în perspectivă în U.R.S.S. pentru realizarea consumului de energie electrică prevăzut, instalaţiile de centrale şi reţele existente în prezent reprezintă aproximativ 10%. Procesul dezvoltării nu este posibil fără găsirea unor soluţii noi, mai favorabile , în toate problemele, chiar şi în cele considerate în prezent ca rezolvate, aşa cum este problema frecvenţei de 50 Hz.

Deşi, în prezent, întreaga lume se orientează la valorile frecvenţei stabilite pe cale istorică, nimeni nu a demonstrat că aceste valori sînt cele optime pentru toate întreprinderile alimentare pentru sistemele energetice sau pentru anumite ramuri industriale. Autorii consideră neconvingătoare părerea formulată de unii specialişti că ar fi dificil să se schimbe frecvenţa sau să se stabilească frecvenţe diferite în diverse ramuri şi la diverse utilaje şi propun alegerea celei mai bune variante, pe baza unor comparări tehnico-economice.

Problema modificării frecvenţei a mai fost analizată în U.R.S.S. în 1934 ; s-a găsit atunci că trecerea la frecvenţa de 100 Hz ar duce la economie însemnată şi ar accelera electrificarea ţării.

Autorii articolului, fără a propune trecerea imediată a întregii energetici a U.R.S.S. la o nouă frecvenţă, considerată optimă (100 Hz sau alta), recomandă numai luarea de măsuri pentru grabnica organizare a unor studii vaste, care să evidenţieze eficacitatea tehnico-economică posibilă a optimizării frecvenţei sau a adoptării unei serii de frecvenţe.

Cu titlu informativ, în articol se arată unele influenţe pozitive pe care le are asupra diverselor tipuri de utilaje şi instalaţii mărirea frecvenţei curentului electric.

În privinţa trecerii la frecvenţa optimă se indică două căi : 1) Dacă se se va putea determina o singură frecvenţă ca optimă pentru întreaga alimentare cu energie electrică (pe bază de calcule care să ţină seamă de dezvoltarea în perspectivă), trecerea poate avea loc în curs de 15—25 ani. 2) În cazul în care modificarea frecvenţei va apărea raţională numai pentru anumite zone sau întreprinderi, pot apărea staţii care să furnizeze curent de diverse frecvenţe ; aceasta va favoriza apariţia unor linii de legătură de curent continuu la mari distanţe.

em. c.

Fedosenko, P. I. şi Mirer, G. V. **Consumul de energie electrică în clădirile de locuit.** Elektricestvo nr. 3, 1963, p. 14.

Datorită creşterii impetuoase a construcţiilor de locuinţe şi a electrificării gospodăriei casnice s-a ivit nevoia de a proceda la o normare a sarcinilor electrice şi la prognosticarea desfacerii curentului electric.

În acest scop s-au întreprins cercetări la peste 3 000 de clădiri cu înregistrarea tuturor datelor şi elaborarea graficelor sarcinilor zilnice, obţinîndu-se date destul de sigure asupra sarcinilor reale (eroarea nu a depăşit 7 %).

Datele au fost prelucrate pe baza metodelor statisticii matematice şi a teoriei probabilităţilor, ajungîndu-se la următoarele concluzii :

Pentru a cunoaşte consumurile de energie electrică pentru nevoile casnice se recomandă :

— cercetarea sistematică prin sondaj a consumatorilor şi măsurarea sarcinilor ;

— pentru analiza consumului casnic se recomandă utilizarea metodelor statisticii matematice şi ale teoriei probabilităţii. Sarcinile clădirilor de locuit de pe urma utilizării receptoarelor electrice monofazice se determină cu legea distribuţiei binominale ;

— schimbările sarcinilor specifice ale clădirilor de locuit (prescrise de S.N. 167—61), corespund cu datele măsurătorilor şi calculelor analitice (valorile sarcinilor pentru cazurile caselor cu plite electrice şi cele cu foc necesită unele corijări) ;

— sarcinile electrice specifice ale clădirilor de locuit, determinate de numărul de receptoare electrice în apartament, nu sînt în funcţie de numărul locuitorilor oraşului ;

— sarcina stabilită prin calcul a clădirilor de locuit cu plite electrice trebuie coborîtă (pentru acest lucru este prezentată o diagramă) ;

— pentru clădirile cu plite cu foc trebuie stabilite limite mai largi la fluctuațiile sarcinilor de calcul, iar pentru clădirile cu plite cu gaz pot fi luate drept bază sarcinile prevăzute de S.N. 167—61.

b.v.

Relația dintre factorul de putere din întreprinderile industriale și tensiunea de alimentare Gospodarka Paliwami i Energia **11** (1963), nr. 7, p. 265—268.

Pentru determinarea puterii bateriilor de condensatoare destinate compensării factorului de putere, este necesară cunoașterea relației dintre factorul de putere al întreprinderii și tensiunea de alimentare. Pentru determinarea acestei relații au fost întocmite — pe baza caracteristicilor statice de tensiune — curbe care reprezintă variația factorului de putere în funcție de raportul dintre tensiunea reală de alimentare și tensiunea nominală. Curbele pot fi trasate cu ușurință pentru diferite valori ale coeficientului unghiular de pantă al caracteristicii de tensiune, și cu valorile citite din diagramă pot fi calculate bateriile de condensatoare pentru valori ale raportului dintre tensiunea reală și tensiunea nominală cuprinse între 0,9 și 1,1. Bateriile de condensatoare calculate prin această metodă asigură compensarea rațională a factorului de putere, independent de variațiile tensiunii din rețeaua de alimentare.

a.s.

Hidroenergetică

Doțenko, T. P. **Centrala hidroelectrică de la Kiev pe Nipru.** Ghidrotehniceskoe stroitelstvo, nr. 5, 1963.

Centrala hidroelectrică este etajul al 6-lea superior al cascadei de centrale pe cursul mijlociu și inferior al Niprului. Nodul hidraulic are o destinație complexă: centrala hidroelectrică situată în apropiere de orașul Kiev, împreună cu centrala hidroelectrică de acumulare, care face parte din nodul hidraulic, va servi drept sursă de energie pentru orele de vîrf. Centralele vor funcționa numai 2—3 ore pe zi.

Prin crearea lacului de acumulare de la Kiev, vasele fluviale cu încărcături mari, cu o imersiune pînă la 3,2 m vor ajunge de la gurile Niprului pînă la gurile rîului Pripeat. În felul acesta, nodul hidraulic Kiev va constitui prima construcție a căii fluviale de cea mai mare importanță Nipru-Neman și a căii fluviale Nipru-Bug, care vor lega mările Neagră și Baltică, precum și a căilor fluviale interioare ale părții europene a U.R.S.S. cu căile de apă ale țărilor socialiste.

Construcției centralei hidroelectrice de la Kiev i se acordă o mare importanță ca o construcție cu caracter experimental:

1) Se intenționează executarea pe scară largă a construcției hidroagregatelor orizontale imersibile (capsulate), care urmează să-și găsească pe viitor aplicarea la toate centralele hidroelectrice cu presiune joasă ale U.R.S.S.

2) În cadrul nodului hidraulic de la Kiev va fi construită prima centrală hidroelectrică cu acumulare din țară.

3) Construcția nodului hidraulic de la Kiev se proiectează cu folosirea pe scară largă a prefabricatelor de beton armat.

Particularitatea principală a centralei hidroelectrice de la Kiev o constituie folosirea de hidroagregate capsulate orizontale.

Caracteristicile principale ale centralei:

Căderea, m: maximă	11,0
netă, stabilită prin calcule	7,8
minimă	5,0
Debitul de funcționare la deplină putere, m³/s	5 050
Numărul de agregate	20
Numărul de intervale deversibile	20
Debitul deversibil stabilit prin calcule, m³/s	14 400
Puterea centralei, MW	326
Producția medie anuală de energie electrică, kWh	615 milioane.

Din punct de vedere constructiv, clădirea centralei este împărțită de rosturile de temperatură în cinci secții, a cîte patru agregate.

Un bloc electric al centralei corespunde unei secții. Patru generatoare ale fiecărui bloc funcționează cu un transformator ridicător de 3,15/110 kV, cu o putere 60 000 kVA.

Centrala hidroelectrică de acumulare este situată pe malul drept la 2,5 km amonte de centrala hidroelectrică. Bazinul aval al centralei hidroelectrice de acumulare servește drept lac de acumulare al CHE Kiev; bazinul amonte se construiește pe un platou pe mal, la o înălțime 65—70 m deasupra nivelului lacului de acumulare.

Caracteristicile principale ale centralei hidroelectrice de acumulare sînt următoarele:

Înălțimea brutto în regimul funcționării turbinelor, m	65,0—72,5
Debitul de apă în regimul funcționării turbinelor, m³/s	360
Numărul de agregate	6
dintre care pompe-turbine	3
Diametrul rotorului turbinei, m	3,0
Diametrul rotorului pompei-turbinei, m	4,65
Numărul de fire ale conductei	6
Volumul util al bazinului amonte, mil. m³	3,6
Timpul de încărcare a bazinului, ore	7,0
Numărul de ore de funcționare în regim de lucru al turbinelor	2,8
Puterea, MW	200
Producția medie anuală de energie electrică, mil. kWh	100
Consumul mediu anual de energie electrică pentru încărcare, mil. kWh	150

m. d.

Energetică nucleară

CNE Indian Point. Nucleonics **21** (1963), nr. 4, p. 46—53.

La 2 august 1962 a devenit pentru prima oară critic reactorul CNE Indian Point din S.U.A. Primele probe la o putere scăzută, de 5 MW-t, au durat pînă la 16 sept. 1962, cînd a produs pentru prima oară energie electrică. Probele la 50% din sarcină au continuat pînă la 5 oct. 1962, iar celelalte probe și reglări au durat pînă la 25 ian. 1963, cînd a fost încărcat pentru prima oară la puterea nominală.

Centrala, cu o putere totală de 275 MW-e brut, 255 MW-e net, este echipată cu un reactor cu apă sub presiune de 585 MW-t (163 MW-e brut, 151 MW-e net) și un supraîncălzitor de abur de 112 MW-e (104 MW-e net).

Caracteristicile principale ale centralei sînt:

Parametrii aburului produs de reactor		32 ata, 232°C
Parametrii aburului la turbină		28 ata, 538°C
Vasul reactorului		
— înălțime	exterior	11,5 m
	interior	11,1 m
— diametrul	exterior	2,95 m
	interior	2,10 m
— presiunea și temperatura de calcul		135 ata, 343°C
— presiunea de probă		200 ata
Miezul reactorului		
— volum cilindric		7,6 m³
dimensiuni	diametru	1,98 m
	înălțime	2,5 m
— încărcătură de combustibil		1 180 kg U și 17 200 kg Th
— compoziția (% volum)		48,6 apă
		26,4 combustibil
		9,00 oțel
		10,1 aliaj de zircaloy
		0,4 heliu
		3,7 bare de control
		1,8 bare fixe
— raportul metal/apă		1,075
Combustibilul		
Tip $ThO_2 + UO_2$ în plăci îmbrăcate în oțel inoxidabil		
Grad de îmbogățire		93%

Elementul de combustibil	
— greutate	285 kg
— lungime	3,5 m
— grad de ardere	în medie 14 800 MWz/t de UO_2 și ThO_2 maxim 37 000 MWz/t
Barele de control	
— număr	21 bare cruciforme
— material	hafniu

a. f.

Centrala nuclearoelectrică canadiană de 1 800 MW-e. Nucleonics **21** (1963), nr. 6, p. 24–25.

Compania canadiană de construcție de centrale electrice a anunțat că intenționează să înceapă în 1964 construcția unei centrale nuclearoelectrice de 1 800 MW-e.

Această centrală va fi echipată cu patru reactoare a cîte 450 MW-e, moderate și răcite cu apă grea sub presiune și folosind uraniu natural.

Puterea unitară de 450 MW-e a fost aleasă avîndu-se în vedere posibilitatea de a se folosi turbinele existente cu puteri unitare de 475 MW-e.

Față de CNE CANDU, de 200 MW-e, care a costat 400 $/kW-e, noua centrală nuclearoelectrică de 1 800 MW-e (HWR–1 800) va costa circa 235 $/kW. Această scădere a investiției specifice se datorește scăderii prețului apei grele de la 62 $/kg la 44 $/kg, micșorării inventarului de apă grea, reducerii volumului studiilor și proiectării etc.

Prețul de cost al energiei electrice produse, calculată pentru sarcini de capital de 4,5–6 %, durată de viață a centralei de 30 ani, grad de ardere a combustibilului de 10 000 MWz/t și factor de utilizare de 80 %, este de 3,6 mills/kWh, din care : cota de cheltuieli fixe 2,05 mills /kWh, cheltuieli pentru combustibil 1,1 mills/kWh, iar cheltuieli de exploatare (salarii, reîmprospătarea apei grele etc.) 0,45 mills/kWh.

Prima unitate din centrală este planificată să intre în funcțiune în 1969 și anual cîte o nouă unitate.

a.f.

CNE R–3 Adam. Nucleonics, vol. **21** (1963), nr. 7, p. 22–24. Nuclear Power, martie 1963, p. 40–44.

Reactorul primei CNE din Suedia a devenit pentru prima oară critic la începutul lunii iulie 1963. Reactorul R–3 Adam este un reactor moderat și răcit cu apă grea sub presiune, construit într-o subterană la circa 3 km de Farsta, o suburbie de 30 000 locuitori a Stockholmului.

Centrala are o putere de 65 MW și alimentează cu energie electrică (10 MW-e) și căldură (55 MW-t) locuințele și industriile din suburbia Farsta. În prezent, centrala funcționează numai cu patru din cele opt schimbătoare de căldură. Puterea centralei va fi crescută în viitor la 125 MW, cînd se va monta și restul de patru schimbătoare.

În circuitul primar sînt vehiculate 68 t apă grea la presiunea de 35 at, care se încălzesc de la 205°C la 220°C. În circuitul secundar se produce un debit de abur de 108 t/h la 15 at, 196°C, sau 22 at și 215°C, în funcție de sarcină.

Turbina, cu o putere de 10 MW-e, lucrează ca o turbină cu contrapresiune, căldura pentru termoficare luîndu-se din aburul destins.

Pentru asigurarea continuității alimentării cu căldură în cazul avariei la turbină, s-au prevăzut două condensatoare auxiliare, conectate în paralel între bara de abur de înaltă presiune și bara de apă de alimentare.

Căldura livrată de CNE R 3 Agesta este trimisă la Farsta la o substație de distribuție ce poate fi încălzită cu combustibil lichid. Substația se găsește la distanța de circa 3 km de centrală și alimentează printr-o rețea de distribuție cele 9 000 racorduri ale orașului. Distanța dintre reactor și cel mai îndepărtat consumator este de circa 5,5 km. Temperatura de ducere este cuprinsă între 75 și 120°C, în funcție de sarcină. Sistemul de încălzire este închis, fiind izolate circuitele interioare de încălzire de rețea, transferul de căldură făcîndu-se în schimbătoare de căldură. Sarcina termică se modifică prin variația debitului de agent în rețea, astfel ca temperatura pe conducta de întoarcere să fie cuprinsă între 50 și 70°C, în funcție de sezon. Durata de alimentare cu căldură în centrală este de 3–6 ore/zi, astfel că oprirea pentru scurtă durată a reactorului nu are nici o infuență asupra încălzirii.

c.w.

Abonați-vă

pentru anul 1964 la revistele tehnice:

Revista Minelor

Energetica

editate de Ministerul Minelor și Energiei Electrice în colaborare cu Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R.

Abonamentele se primesc pe adresa IPROMIN, Calea Victoriei nr. 109,
Raionul 30 Decembrie, București, telefon 13.26.45.
Contul de virament nr. 040.020.14 - B.I. Filiala București

Costul unui abonament este:

- **pentru instituții 100 lei anual**
- **pentru salariați 30 lei anual**

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.24/5.002

Opriş, Gh. : **Нынешняя стадия развития гидроэлектростанций с аккумулированием посредством перекачки**

Статья является документационным обобщением новейших достижений в области агрегатов, применяемых на гидроэлектрических станциях с аккумулированием посредством перекачки, причём особенно подробно рассматривается вопрос насосов. Указаны конструкции применяемых в настоящее время насосов и области их применения.

Energetica 11 (1963), № 11, стр. 545—553

ДК 621.313. :621.75.001.1

Dragomir, R. : **Учёт ряда явлений при эксплуатации энергетических агрегатов с высокими рабочими температурами**

Описывается явление крипа и освещается способ расчёта деформации.

Energetica 11 (1963), № 11, стр. 554—557

ДК 621.165.004.15

Schlotter, Fr. : **Возможности улучшения к.п.д. ряда типов паровых турбин**

Energetica 11 (1963), № 11, стр. 558—561

ДК 621.165.002

Boboescu, N. : **Определение характеристик расхода одногнездовых регулировочных вентилей с распылителем для паровых турбин.**

Устанавливаются характеристики расхода, зоны неустойчивости и коэффициенты потерь в распылителях. По сравнению с характеристиками расхода круглого отверстия, а также сравнительно с соплом Лаваля онизначительно отклоняются в зависимости от профиля чаши вентиля и от дивергенции. Дается описание установки и методика эксперимента.

Energetica, 11, (1963), № 11, стр. 561—567

ДК 621.3/6.925 :621.316.1

Moraite, G. : **Вопросы регулировки и селективности дистанционой защиты линии с ответвлениями**

Рассматриваются условя, в которых можно осуществить защиту с помощью селективнык реле в случаях важных артерий высоковольтных сетей, с одним или несколькими разветвлениями. Изложенные соображения применены в конкретнои случае, на сононии чего устанавливается ряд мероприятий по улучшению селективной защиты важной артерии высоковольтной сети.

Energetica 11 (1963), № 11, стр. 568—577

ДК 697.34.001

Colţ, Gh., Ghica, M. и *Voinea, M* : **Корректирование доли расхода тепла для горячей воды используемой для хозяйственных и санитарногигиенических нужд при режиме городской теплофикации.**

Energetica 11 (1963), № 11, стр. 577—579

ДК 621.315.615.2 :621.317.374.002

Segall, H. : **Ячейки для измерения диэлектрических потерь трансформаторного масла**

Energetica, 11 (1963), № 11, стр. 579—584

В ПОМОЩЬ ПРОЙЗВОДСТВУ

ДК 621.014.425

László,. R. и *László T.* : **О новых методах оживления пораженных электрическим таком**

Energetica 11 (1963), № 11, стр. 585—587

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ДК 621.311.153.2

Dinulescu, C. : **Поведение энергетических агрегатов при транзиторном режиме нагрузки**

Energetica 11 (1963), № 11, стр. 588—589

РЕЦЕНЗИИ ● ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.24/5.002

Opriş, Gh. : **Gegenwärtiger Entwicklungsstand der Aggregate für Pumpspeicherkraftwerke**

Der Aufsatz bietet eine Zusammenfassung der Literaturangaben über letzte Leistungen auf dem Gebiet der Aggregate für Wasserkraftwerke mit Pumpspeicherung, mit besonderer Berücksichtigung der Pumpen. Die gegenwärtig verwendeten Pumpentypen und ihre Anwendungsgebiete werden angegeben.

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 545—553

DK 621.313 : 621.75.001.2

Dragomir, R. : **Bei Betrieb von Kraftmaschinen unter hohen Temperaturen in Betracht zu ziehende Erscheinungen**

Beschreibung von Kriecherscheinungen und Angabe von Berechnungsverfahren für Formverziehungen.

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 554—557

DK 621.165.004.15

Schlotter, Fr. : **Verbesserungsmöglichkeiten der Wirkungsgrade einiger Typen von Dampfturbinen.**

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 558—561

DK 621.165.002

Boboescu, N. : **Bestimmung der Verbrauchseigenschaften einiger einsitziger Düsenregelventile für Dampfturbinen.**

Es werden Verbrauchskennzeichen, Instabilitätsbereiche und Verlustbeiwerte von Düsen bestimmt. Diese weichen bedeutend von den Verbrauchskennzeichen runder Öffnungen, sowie von Lavaldüsen ab und zwar im Verhältnis zum Längsschnitt des Ventilbechers und zur Düsendivergenz. Prüfanlage und Versuchsverfahren werden dargestellt.

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 561—567

DK 621.316.925 :621.316.1

Moraite, G. : **Die Frage der Regelung und der Selektivität des Distanzschutzes verzweigter Leistungen**

Es werden die Bedingungen unterscuht, in denen in Hochspannungsnetzen für Hauptleitungen mit einer oder mehreren Abzweigungen selektiver Relaisschutz gewährleistet werden kann. An Hand eines gegebenen Falls werden geeignete Massnahmen zwecks Verbesserung des Selektivschutzes einer Hauptader des Hochspannungsnetzes angegeben.

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 568—577

DK 697.34.001

Colţ, Gh., Ghica, M. und *Voinea, M.* : **Berichtigung der Wärmeverbrauchsquote von Warmwasser für Hausgebrauch und hygienisch-sanitäre Zwecke bei städtischen Fernheizanlagen**

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 577—579

DK 621.315.615. :621317.374.002

Segall, H. : **Messzellen für dielektrische Verluste von Transformatorölen**

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 579—584

FÜR DIE BETRIEBE

DK 621.014.425

László, R. und *László, T.* : **Neue Wiederbelebungsverfahren für vom elektrischen Schlag betroffene Personen**

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 585—587

ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND

DK 621.311.153.2

Dinulescu, C. : **Das Verhalten von Kraftmaschinen bei transitorischen Belastungszuständen**

Energetica 11 (1963), H. 11, S. 588—589

REZENSIONEN ● DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.24/5.002

Opriş, Gh. : **Le stade actuel de développement des agrégats des usines hydro-électriques d'accumulation par pompage**

L'article présente une synthèse des dernières réalisations dans le domaine des agrégats des usines hydro-électriques d'accumulation par pompage, insistant notamment sur les pompes. Les types des pompes utilisées actuellement sont mentionnés, ainsi que leur domaine d'application.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 545–553

CD 621.313 :621.75.001.2

Dragomir, R. : **Phénomènes à considérer dans l'exploitation des agrégats énergétiques à températures de foctionnement élevées**

L'article décrit le phénomène de fluage et indique le mode de calcul des déformations.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 554–557

CD 621.165.004.15

Schlotter, Fr. : **Possibilités d'amélioration du rendement de quelques types de turbines à vapeur**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 558–561

CD 621.165.002

Boboescu, N. : **Détermination des caractéristiques de consommation de quelques soupapes de règlage monosiège à diffuseur pour turbines à vapeur**

Cet article indique l'installation et la méthode d'expérimentation pour déterminer les caractéristiques de consommation, les zones d'instabilité et les coefficients de perte dans les diffuseurs. L'auteur constate qu'ils s'écartent considérablement des caractéristiques de consommation d'un orifice rond ainsi que des caractéristiques d'un ajutage Laval, fonction du profil du godet de la soupape et de la divergence du diffuseur.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 561–567

CD 621.316.925 :621.316.1

Moraite, G. : **Considérations sur le règlage et la sélectivité de la protection de distance des lignes ayant des dérivations**

Dans l'article on examine quelles sont les conditions favorables pour effecteur une protection par relais qui soit sélective dans le cas des artères importantes des réseaux de haute tension, ayant une ou plusieurs dérivations. On a appliqué ces considérations dans un cas concret et les résultats obtenus ont montré la nécessité d'améliorer la protection sélective d'une artère importante du réseau de haute tension.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 568–577

CD 697.34.001

Colţ, Gh., Ghica, M. et *Voinea, M.* : **Correction du taux de consommation de chaleur en eau chaude pour les usages domestiques dans les installations de chauffage urbain**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 577–579

CD 621.315.516.2 : 621.317.374.002

Segall, H. : **Cellules pour mesurer les pertes diélectriques des huiles de transformateur**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 579–584

A L'AIDE DE LA PRODUCTION

CD 621.014.425

László, R. et *László, T.* : **Nouvelles méthodes pour la réanimation des électrocutés**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 585–587

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621.311.153.2

Dinulescu, C. : **Comportement des agrégats énergétiques en régime de change transitoire**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 588–589

COMPTES RENDUS ● DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.24/5.002

Opriş, Gh. : **The present stage of development in the equipment for pumped storage generating stations**

The article resumes the last achievments in the equipment for pumped storage generating stations, especially pumps. The types of pumps employed and their utilization ranges are shown. The present stage of reversible pump turbines is investigated and constructive and functional data are given for pumps in some of the biggest pump storage generating stations.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 545–553

DC 621.313 :621.75.001.2

Dragomir, R. : **Phenomena to be considered in the operation of power units with high working temperatures**

The author describes creep phenomena and gives the method for calculating strains.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 554–557

DC 621.165.004.15

Schlotter, Fr. : **Improving the efficiency of some types of steam turbines.**

Energetica 11 1(963), no. 11, p. 558–561

DC 621.165.002

Boboescu, N. : **Determining the characteristics of single seat valves with nozzle for steam turbines**

The installation and the experimental method for determining characteristics, non-stability zones and loss coefficients in nozzles are comprised in this article. They are very different from the characteristics of a circular orifice as well as from those of a Laval nozzle, function of the valve bucket profile and the nozzle divergence.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 561–567

DC 621.316.925 :621.316.1

Moraite, G. : **Problems concerning the control and the selectivity of the distance protection on branch-lines**

In this article, the author investigates the conditions in which major lines of H.V. networks with one or more branch-lines may be equipped with protection by selective relays. These considerations were applied in practice and in consequence several measures were taken to improve selective protection on a major branch-line of the H.V. network.

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 568–577

DC 697.34.001

Colţ, Gh., Ghica, M. and *Voinea, M.* : **Correction of the heat consumption rate for hot water facilities in case of district heating**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 577–579

DC 621.315.615.2 :621.317.374.002

Segall, H. : **Cells for measuring dielectric losses of transformer oils.**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 579–584

AIDING THE PRODUCTION

DC 621.614.425

László, R. and László, T. : **New reviving methods after electrocution**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 585–587

ENERGETICS ABROAD

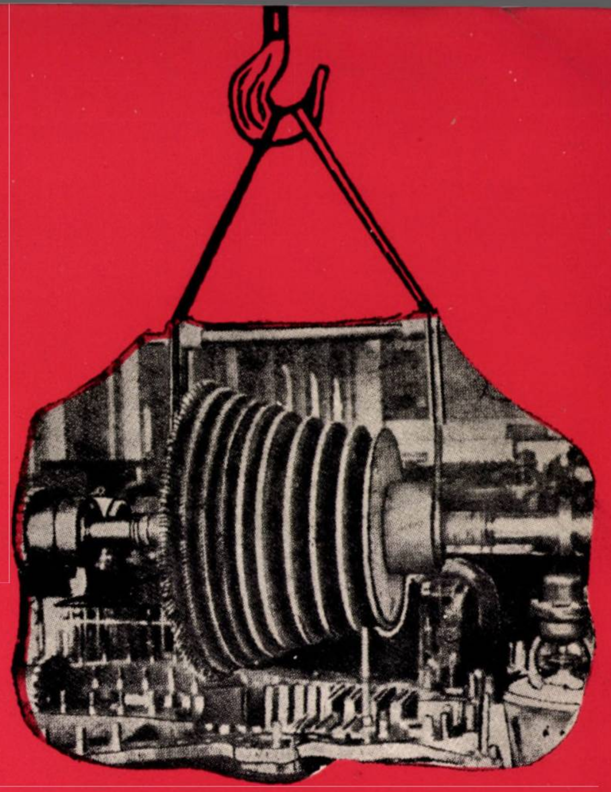
DC 621.311.153.2

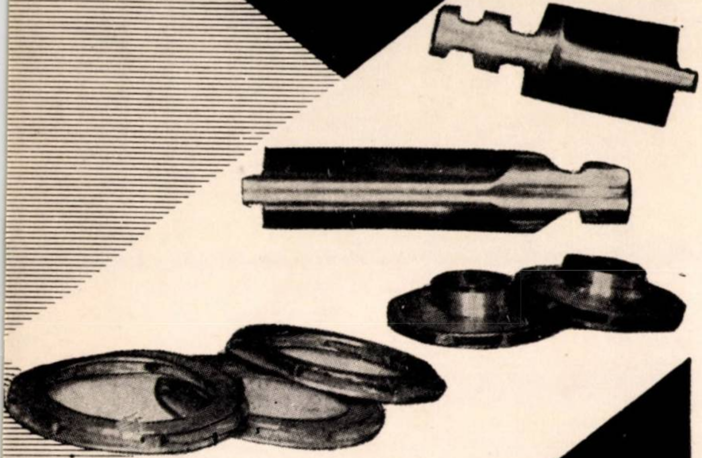
Dinulescu, C. : **Behaviour of power units in transient power load conditions**

Energetica 11 (1963), no. 11, p. 588–589

REVIEWS ● DOCUMENTATION

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883 BUDAPEST





MM EE

ENERGOREPARAŢII

- Execută reparaţii medii şi capitale la agregate energetice, ca:
  - — turbine cu abur de orice putere
  - — generatoare electrice
  - — motoare Diesel staţionare cu puteri peste 200 CP

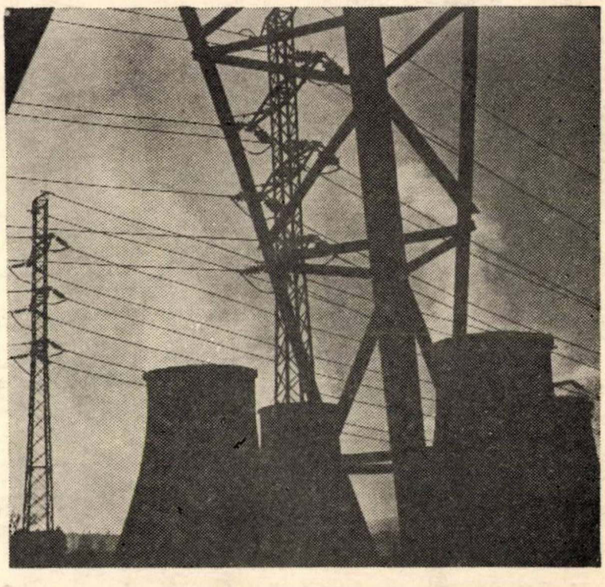
  precum şi la instalaţiile auxiliare aferente acestora
- Acordă asistenţă tehnică şi execută diferite probe, încercări şi măsurători privind:
  - — vibraţiile agregatelor energetice
  - — vibraţiile paletelor turbinelor cu abur şi gaze
  - — vibraţiile paletelor compresoarelor axiale
  - — caracteristicile chimice şi fizico-mecanice ale materialelor organelor de maşini
  - — analize metalografice
- Execută, pe baza proiectelor proprii, o gamă variată de piese de schimb pentru agregate energetice de orice fel
- Execută o gamă largă de utilaje pentru mecanizarea lucrărilor specifice sectorului energetic, ca:
  - — instalaţiii pentru lucru la înălţime autopurtate
  - — maşini de săpat gropi şi plantat stîlpi pentru LEA
  - — cricuri hidraulice
  - — servomotoare pentru acţionarea de la distanţă etc.
- Execută modificări şi modernizari ale agregatelor energetice în scopul măririi siguranţei de funcţionare

BUCUREŞTI, Bd. Mărăşeşti nr. 2,
Telefon: 23.26.40

INTREPRINDEREA DE
MONTAJE
CENTRALE
ELECTRICE

EXECUTĂ
LUCRĂRI DE
MONTAJ DE:

- **Centrale termoelectrice cu aburi și motoare Diesel**
- **Centrale hidroelectrice**
- **Compensatoare sincrone**
- **Instalații electrice de joasă și înaltă tensiune**
- **Instalații de măsură, control și automatizare a proceselor tehnologice**



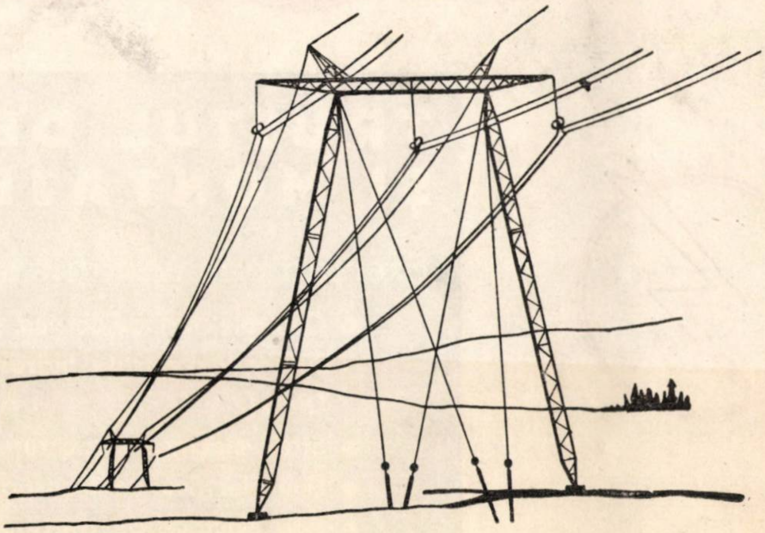
BUCUREȘTI, CALEA DOROBANȚILOR 105 — RAIONUL 30 DECEMBRIE — TELEFON 11.14.10

E 2039

R

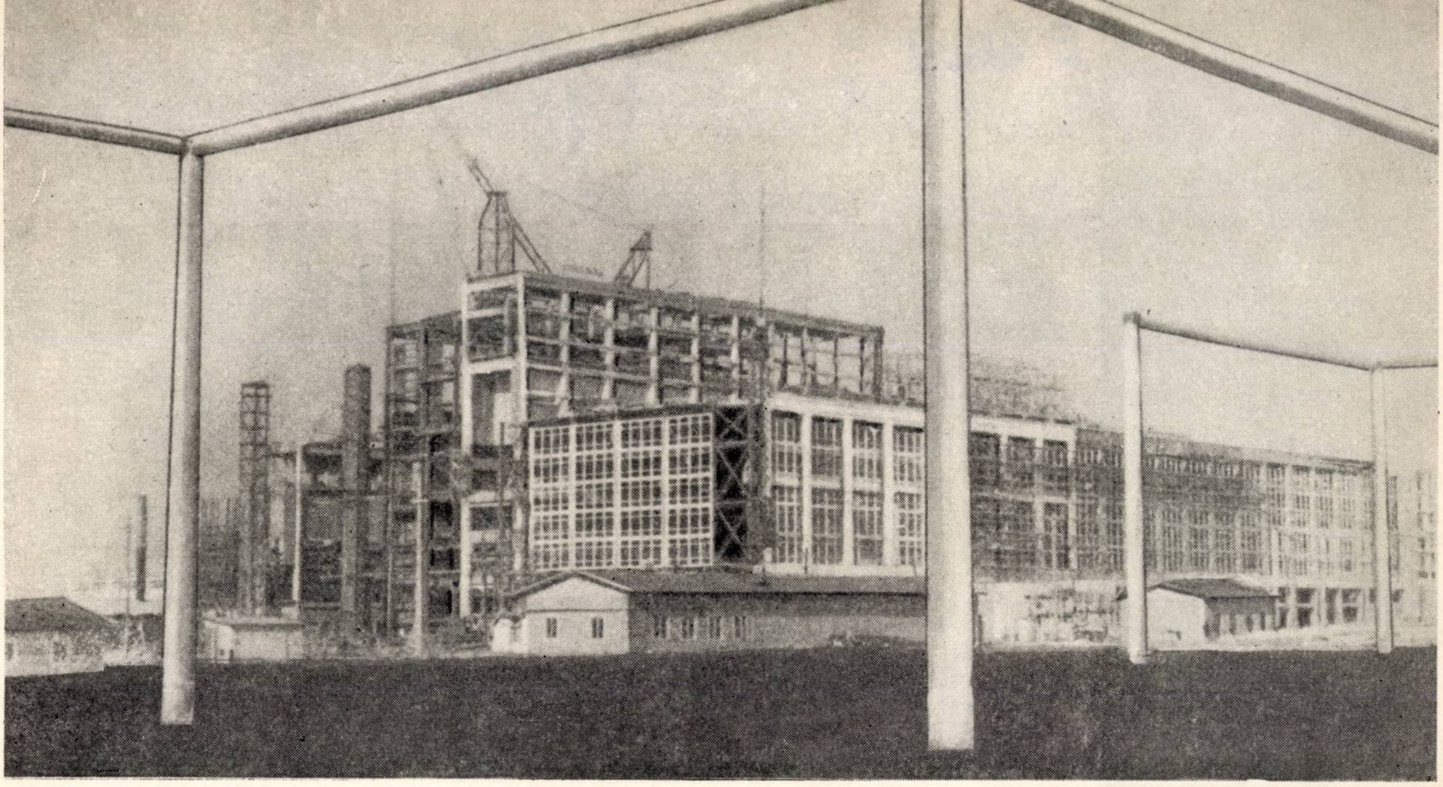
ENERGETICA

VOLUMUL XI ★ NUMĂRUL 12 ★ ENERGETICA



12

BUCUREŞTI ★ DECEMBRIE ★ 1963



TCME

TRUSTUL DE CONSTRUCŢII ŞI MONTAJE ENERGETICE

Execută prin unităţile sale de construcţii şi montaj:

- Centrale termoelectrice şi de termoficare cu agregate pînă la 200 MW, centrale hidroelectrice, centrale electrice cu motoare Diesel.
- Staţii electrice şi posturi de transformare.
- Linii electrice de transport pentru tensiuni pînă la 400 kV.
- Linii electrice de distribuţie.
- Electrificări rurale.

Produce prin unităţile sale industriale:

- Stîlpi metalici.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat.
- Stîlpi de beton armat centrifugat sau vibrat, pretensionaţi.
- Celule şi panouri pentru centrale şi staţii electrice.
- Posturi de transformare urbane şi rurale complet prefabricate.
- Diverse prefabricate pentru centrale electrice, staţii, posturi de transformare şi linii electrice de transport şi distribuţie.

BUCUREŞTI. CALEA MOŞILOR 158 — TELEFON 16.63.30

ISPE

INSTITUTUL DE STUDII ȘI PROIECTĂRI ENERGETICE

ELABOREAZĂ:

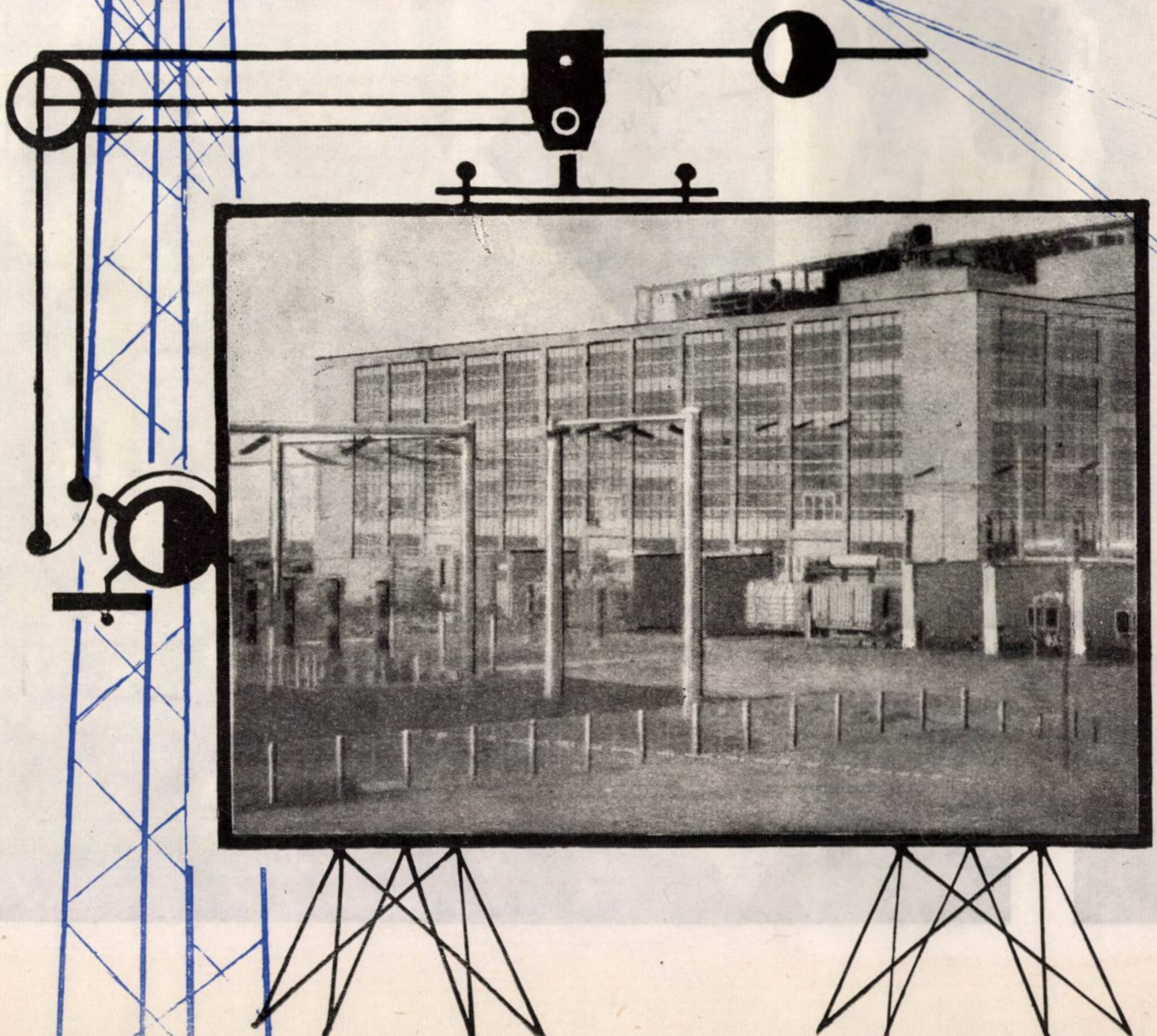
- Studii de amenajări complexe de sisteme energetice
- Studii de centrale electrice de condensație și termoficare
- Studii de rețele complexe de termoficare urbană și industrială.

PROIECTEAZĂ:

- Centrale termo-electrice
- Rețele de termoficare

ACORDĂ ASISTENȚĂ TEHNICĂ PENTRU:

- Stabilirea echipamentului tehnologic la lucrări energetice, execuție și punere în funcție.



MINISTERUL MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

irme

realizează: măsurători, verificări și lucrări de puneri în funcțiune

în instalațiile energetice de înaltă tensiune

execută: REPARAȚII PENTRU APARATELE DE MĂSURĂ ELECTRICE DE PRECIZIE

ENERGETICA

ANUL 11 Nr. 12 DECEMBRIE 1963

CUPRINS

Iftime, P., Roşca, P. şi *Răileanu, V.*: **Dispozitive de protecţie pentru evitarea deplasărilor axiale periculoase la turbinele cu abur** 593—600

Ionaşcu, Gh. **Tratarea neutrului sistemelor 35 kV Comăneşti şi Bicaz** 600—617

Sabău, I. **Uleiurile izolante şi exploatarea transformatoarelor de mare putere** 618—621

Dobrinescu, D. şi *Apolzan, S.* **Proiectarea tehnologică a răcitoarelor şi condensatoarelor cu aer pentru industria petrolieră** 621—628

Staicu, C. I. **Diametrul armăturii de golire a conductelor de apă** 628—630

DIN EXPLOATARE

Săndulescu, I. **Dispozitiv pentru colectarea automată a probelor elementare de cărbune** 630—634

Prooroceanu, V. **Contribuţii la îmbunătăţirea montării manşoanelor de legătură şi derivaţie pentru cablurile de forţă de 1—15 kV cu conductoare de aluminiu** 634—638

Sufrim, E. **Din activitatea Laboratorului de iluminat industrial de la Institutul de igienă şi protecţia muncii** 638—641

RECENZII

DOCUMENTARE

CUPRINSUL REVISTEI „ENERGETICA" VOL. 11 (1963)

INDEX ALFABETIC

COMITETUL DE REDACŢIE

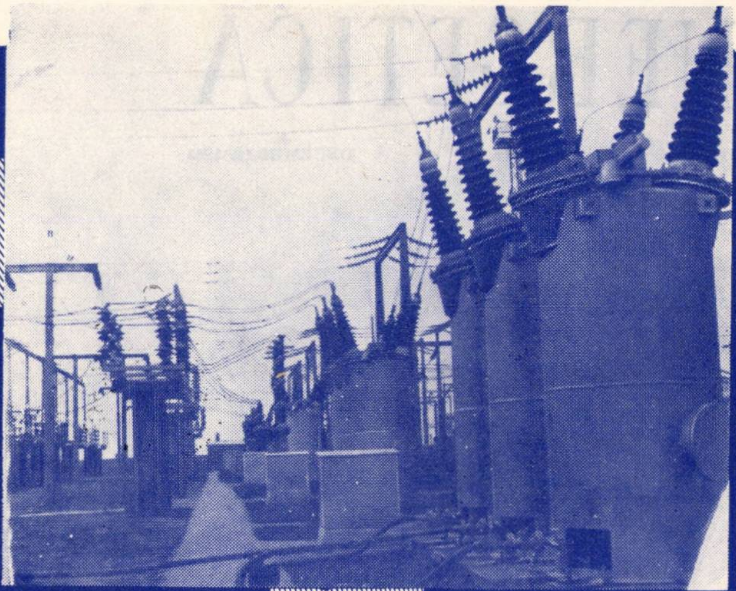
Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BĂDEA**, acad. prof. ing. **M. BERCOVICI**, laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO** membru corespondent al Academiei R.P.R. laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU** membru corespondent al Academiei R.P.R. ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** şi ing. **P. VICOL**

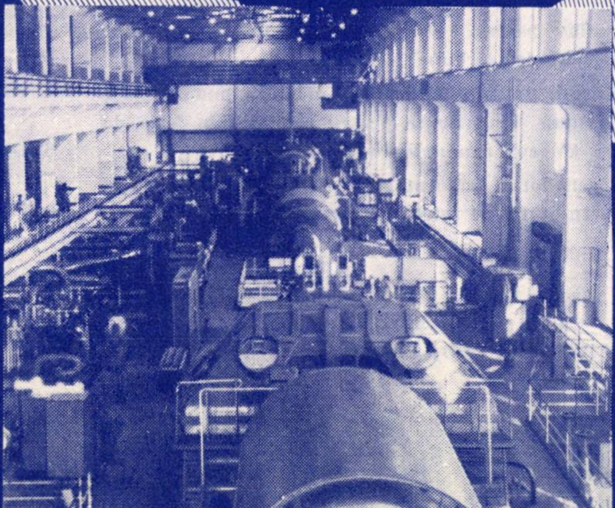
Revista „ENERGETICA", organ al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. (CNIT). Redacţia: Bucureşti, Strada Sfîntul Ion Nou nr. 33, Raionul Tudor Vladimirescu. Telefon 21.26.03. Administraţia: „IPROMIN" Bucureşti, Calea Victoriei nr 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.26.45. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: „IPROMIN" — Publicaţiile Tehnice M.M.E.E., cont 04002014 B. I. Filiala Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri lei 30 anual. Preţul unui exemplar lei 5.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „INFORMAŢIA", — Bucureşti c. 4581.

Taxele poştale plătite în numerar, conform aprobării D.G.P.Tc. nr 560/11967/1962

41 401





IMCE

ÎNTREPRINDEREA DE MONTAJE CENTRALE ELECTRICE

execută lucrări de montaj de:

- Centrale termoelectrice cu abur şi motoare Diesel
- Centrale hidroelectrice
- Compensatori sincroni
- Instalaţii electrice de joasă şi înaltă tensiune
- Instalaţii de măsură, control şi automatizare a proceselor tehnologice

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

ANUL 11
1963
Nr. 12
DECEMBRIE

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

Dispozitive de protecție pentru evitarea deplasărilor axiale periculoase la turbinele cu abur

Ing. *P. IFTIME*, ing. *P. ROȘCA* și ing. *V. RĂILEANU*

Dintre părțile componente ale turbinei cu abur, lagărul axial reprezintă elementul care oferă în exploatare cel mai mic grad de siguranță. Avariile grave de turbine produse în U.R.S.S. cît și în R.P.R. se datoresc, în cea mai mare parte, distrugerii lagărelor axiale, care au atras avarierea altor elemente ale turbinei (palete, discuri, labirinți etc.).

În 1953–1954, în U.R.S.S. [1] avariile produse de lagărele axiale reprezintă 13% din toate avariile la turbinele în funcțiune, pe cînd cele ale lagărelor radiale ating doar 2%. Aceste date statistice arată suficient de clar că lagărele axiale reprezintă elemente care se pot defecta frecvent în exploatare.

Din cauza urmărilor grave ce însoțesc aproape întotdeauna defectarea lagărului axial, realizarea unor dispozitive eficiente, care să protejeze acest lagăr, constituie o problemă deosebit de importantă.

Analiza avariilor de turbine din cadrul centralelor Direcției exploatării energiei electrice din ultimii doi ani, provocate de avarierea lagărelor axiale, a scos în evidență faptul că actualele dispozitive de protecție nu sînt cele mai eficiente. Astfel, dintr-un număr total de șase avarii ale lagărelor axiale, protecția a lucrat corect numai la o singură avarie, declanșînd turbina înainte de a se distruge complet segmenții lagărului. La patru turbine s-a produs – în afară de distrugerea lagărului – avarierea gravă a paletajului sau a altor elemente, iar la o turbină de tip AP4 – Reșița, prin sistemul constructiv al lagărului s-a evitat avarierea altor elemente componente, deși dispozitivul de protecție axială nu funcționase.

În acest articol se va trata o parte din problemele teoretice și practice necesare realizării unui grad de siguranță mărit în funcționarea lagărelor axiale.

Ele se referă în special la următoarele aspecte:

— modernizarea și mărirea capacității portante a lagărelor axiale în lumina celor mai noi ipoteze teoretice și realizări practice;

— analiza celor mai cunoscute dispozitive de protecție contra deplasării axiale din punctul de vedere al celor mai bune performanțe realizate în exploatare.

1. Considerații teoretice și practice privind funcționarea lagărelor axiale

Lagărele axiale moderne sînt realizate practic exclusiv din segmenți care preiau împingerea axială a rotorului în funcțiune.

Teoria ungerii hidrodinamice [2] a lui N. P. Popov arată că – în cazul ungerii fluide – între segmenții lagărului axial și discul de sprijin se formează o peliculă de ulei sub presiune, în formă de pană.

Din această cauză, pelicula de ulei are o anumită capacitate portantă, care se traduce printr-o forță perpendiculară pe suprafața de frecare a segmentului, după cum se vede în figura 1.

După cum rezultă teoretic și experimental, distribuția presiunilor în pelicula de lubrifiant este neuniformă, prezentînd un maxim deplasat față de centrul segmentului spre muchia de ieșire a lubrifiantului din segment. Din această cauză, și forța portantă a segmentului este

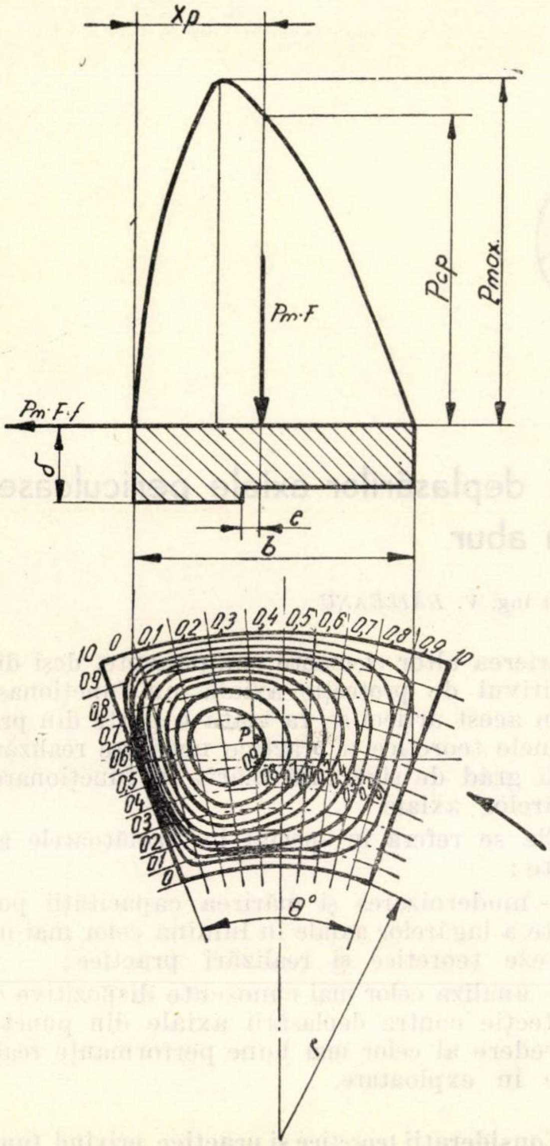


Fig. 1. Repartiția presiunii pe suprafața segmentului.

excentrică. Ca urmare a acestui fapt, formarea peliculei de lubrifiant în formă de pană este ajutată în timpul funcționării de poziția excentrică a forței portante ce acționează asupra segmentului și pe care îl basculează.

În condițiile unui montaj și unei exploatări normale, se stabilește totdeauna un echilibru între forța realizată de pelicula de lubrifiant și sarcina axială a rotorului.

O dată cu creșterea forței axiale, grosimea filmului de lubrifiant se micșorează, crescînd în schimb presiunea peliculei. Fiecărei sarcini îi corespunde o anumită grosime a peliculei de lubrifiant.

Forța portantă a unui lagăr este nulă atunci cînd cele două suprafețe în mișcare relativă sînt paralele (deci nu există peliculă de lubrifiant sub formă de pană), sau cînd suprafețele sînt în contact direct; deci ungerea încetează.

Teoretic și practic s-a determinat că presiunea în filmul de ulei nu este aceeași în diferitele puncte, situate pe aceeași rază, datorită scurgerilor radiale de ulei pe suprafața segmentului oscilant și funcție de poziția în care acesta se așază automat în timpul funcționării. În figura 1 se arată, sub forma unor curbe izobare, modul cum este distribuită această presiune pe suprafața segmentului (după M. I. Ianovski) [3]. Punctul în care acționează rezultanta forțelor de presiune, denumit în cele ce urmează centru de presiune, nu coincide — după cum este și normal — cu punctul de presiune maximă. Pentru ca segmentul să se poată autoregla trebuie ca forța rezultantă să treacă prin axa de oscilație. Poziția muchiei de balansare este determinată de raportul $\frac{X_p}{b}$, care are valoarea de 0,42, cînd centrul de presiune este în poziția optimă corespunzătoare forței portante maxime.

Analiza variației forței portante a unui segment, în funcție de diferitele elemente (viscozitate, coeficient de frecare etc.), scoate în evidență faptul că în realitate poziția radială a centrului de presiune se găsește pe diametrul mediu al segmentului oscilant.

Pentru o funcționare normală a lagărului axial, de mare importanță este modul în care este executată muchia de balansare. Încercările

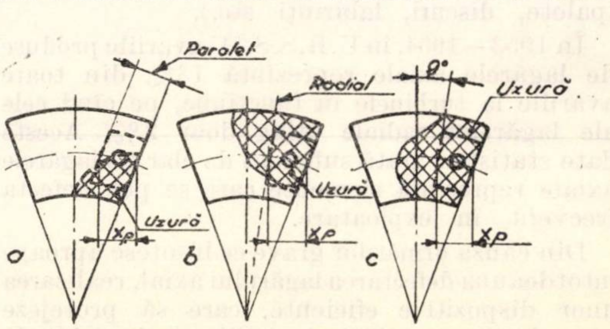


Fig. 2. Uzura segmenților după poziția muchiei de balansare.

au arătat că atît poziția radială cît și cea paralelă cu muchia de ieșire produc uzura fie a colțurilor superioare, fie a colțurilor inferioare, datorită măririi presiunii specifice în aceste zone, așa cum se poate vedea în figura 2.

Pentru cazul segmenților cu compoziție, încercările efectuate la KTZ au arătat că începutul deformării plastice apare la o sarcină specifică de 425 kgf/cm². Cele mai bune rezultate au fost obținute cu segmenți la care muchia de balansare are o înclinație de circa

9° față de axa de simetrie a suprafeței de lucru.

Poziția axei de oscilație a segmenților influențează și regimul termic al lagărului axial; totuși, mărimea acestei influențe și poziția optimă sînt apreciate în mod diferit de către diferiți autori, astfel încît în prezent nu se poate indica o linie sigură de urmat.

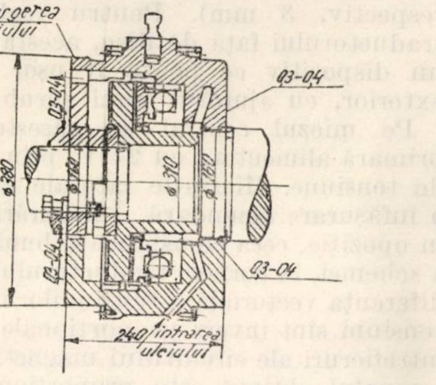


Fig. 3.

Grosimea și stabilitatea termică a peliculei de ulei sînt influențate în mare măsură și de felul în care este făcută alimentarea cu ulei a lagărului și presiunea acestuia la intrarea în segmenți.

În figurile 3—4 este arătat [4] modul în care s-a realizat de către KTZ (U.R.S.S.) modernizarea unui lagăr axial de fabricație Erste Brüner, modernizare constînd din următoarele:

— înlocuirea segmenților din oțel cu strat de compoziție cu segmenți din bronz cu 17% staniu;

— înlocuirea basculării pe bile, cu muchie de basculare și sprijin pe inel elastic;

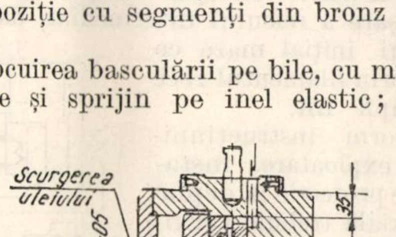


Fig. 4.

— modificarea locului de derivație a conductei de aducere a uleiului în lagăr dintr-o zonă unde uleiul nu spuma și era lipsit de bule de gaz;

— introducerea uleiului pe la periferie și evacuarea pe lîngă ax în scopul evitării fenomenului de cavitație ce se produce pe suprafața discului, datorită efectului de centrifugare (pompare);

— reglarea debitului de ulei la ieșirea din lagăr, în care scop s-au executat labirinți în zonele necesare;

— mărirea presiunii uleiului la intrare în lagăr.

O modernizare asemănătoare s-a executat la un lagăr de tip AEG, la care, după modernizare, uleiul trece mai întîi prin lagărul axial și după aceea intră în lagărul radial [5].

Mergînd pe linia unei răciri puternice a discului de sprijin concomitent cu simplificarea constructivă a sistemului de reglare, fabrica de turbine Kaluga din U.R.S.S. a executat un nou tip de lagăr axial, prezentat în figura 5.

Caracteristic la acest lagăr este discul de sprijin, care este mult mai masiv și construit ca pompă principală de ulei de tip centrifugal. Aceasta asigură o răcire bună a discului, o presiune mare a uleiului (12 kgf/cm²) în zona segmenților și o circulație de la periferia segmenților spre centru în scopul eliminării bulelor de gaz ce se formează pe suprafața de lucru. Aceste măsuri constructive au permis funcționarea cu presiuni medii în pelicula de ulei a segmenților de 40—50 kgf/cm².

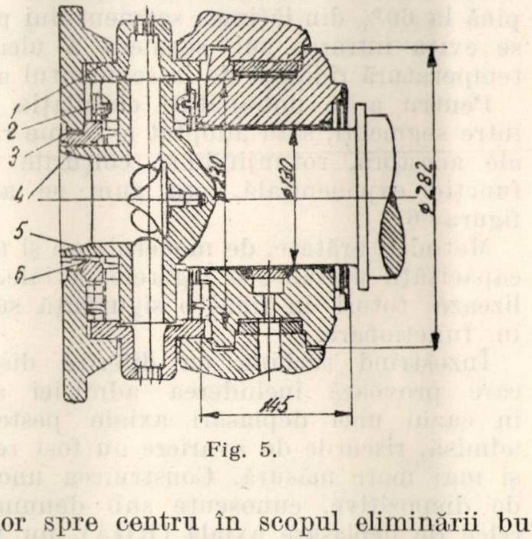


Fig. 5.

Pentru regimul termic al segmenților este de mare importanță împiedicarea trecerii uleiului încălzit de pe un segment pe cel următor, ceea ce a fost demonstrat foarte clar în special prin încercările efectuate de firma BBC, cu un disc de sprijin transparent. Ca rezultat al scurgerii uleiului de la un segment la altul, temperatura uleiului la intrare sub segmenți este mult mai mare decît cea a băii de ulei care înconjură segmentul. Pentru evitarea acestui neajuns s-au construit la unele lagăre dispozitive de etanșare între segmenți, care făceau imposibilă, din punct de vedere practic, scurgerea uleiului de la un segment la altul. Exploatarea mai îndelungată a acestor lagăre a dovedit că sistemul nu este practic, rezultatele obținute nefiind net superioare celor ce se obțin la construcțiile în care segmenții sînt depărtați unul de altul. Din această cauză, în prezent s-a renunțat la etanșarea dintre segmenți.

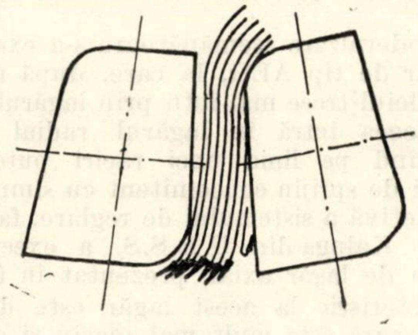


Fig. 6.

Distanța dintre segmenții lagărelor axiale se recomandă să nu fie mai mică de 10 mm pentru lagăre mici sau de 16 mm pentru lagăre mari. Unele firme constructoare măresc distanța pînă la 60% din lățimea segmentului pentru a se evita intrarea sub segment a uleiului cu temperatură ridicată de la segmentul anterior.

Pentru a se îmbunătăți circulația uleiului între segmenți, s-au adoptat și forme raționale ale acestora, rotunjindu-se colțurile după o funcție exponențială, așa cum se arată în figura 6.

Metodele arătate, de modernizare și mărire a capacității portante a lagărelor axiale, nu realizează totuși în final o siguranță suficientă în funcționare.

Înzestrînd turbina cu diferite dispozitive care provoacă închiderea admisiei aburului în cazul unei deplasări axiale peste limita admisă, riscurile de avariere au fost reduse în și mai mare măsură. Construirea unor astfel de dispozitive, cunoscute sub denumirea de relee de deplasare axială (RDA), nu prezintă dificultăți pentru tehnica actuală. Majoritatea se bazează pe măsurarea deplasărilor arborelui, pe cale mecanică, electrică etc. și transformarea acestei deplasări în impuls de declanșare a turbinei.

În cele ce urmează se descriu cele mai noi construcții de relee de deplasare axială.

2. Releul electric de deplasare axială folosit la turbinele tip VK-25 și VK-50 de construcție LMZ

Acest tip de releu acționează numai la o deplasare axială importantă. Principiul de funcționare se bazează pe metoda inductivă de măsurare a deplasărilor mecanice mici, folosind schema transformatorului diferențial [6]. Schema de principiu este prezentată în figura 7.

Miezul traductorului *t*, în formă de E, are polii laterali prelungiți, ceea ce permite fixarea acestuia în fața unui disc forjat, *d*, de pe arborele mașinii. Împreună cu discul, miezul traductorului formează trei întrefieruri, unul radial constant ca mărime (1,2 mm) și două axiale variabile în timpul funcționării turbinei (2 și, respectiv, 3 mm). Pentru reglarea poziției traductorului față de disc, acesta este fixat pe un dispozitiv ce poate fi ușor acționat din exterior, cu ajutorul unui șurub micrometric.

Pe miezul central se găsește înfășurarea primară alimentată cu 24 V, prin stabilizatorul de tensiune. Miezurile laterale au fiecare cîte o înfășurare secundară. Înfășurările sînt legate în opoziție, ceea ce asigură o bună sensibilitate a schemei, la bornele traductorului obținîndu-se diferența vectorială a tensiunilor induse. Aceste tensiuni sînt invers proporționale cu cele două întrefieruri ale circuitului magnetic, astfel încît semnalul obținut este proporțional cu poziția discului față de traductor. Proporționalitatea se păstrează în practică de fapt numai pentru aproximativ jumătate din cursă. Semnalul dat de traductor este redresat într-o punte Graetz cu redresoare cu seleniu, după care este introdus în circuitul indicatorului și al releului polarizat RP-5.

Indicatorul este gradat de la $-0{,}5$ mm pînă la $+2$ mm, avînd un semn roșu la 1,7 mm, unde se produce declanșarea.

Releul polarizat are rol de releu primar de impuls și este reglat să acționeze la un curent de 12 mA, închizînd circuitul lămpii de semnalizare (LR) și al releului intermediar ARE-2. Circuitul astfel conceput micșorează timpul de anclanșare a releului intermediar, datorită curentului inițial mare ce trece prin filamentul rece al lămpii LR.

Conform instrucțiunilor de exploatare, instalația de protecție la deplasare axială trebuie verificată o dată la 3 – 4 luni. Verificarea poate fi efectuată atît cu mașina în funcțiune (în care caz sarcina trebuie menținută constantă, iar circuitul bobinei de declanșare întrerupt) cît și în gol.

Verificarea constă în controlul etalonării instrumentului indicator și al preciziei punctului de declanșare, executîndu-se la sarcini reduse sau la mersul în gol chiar și o declanșare (probă completă). Toate manevrele se efectuează prin intermediul comutatorului-pachet, montat în blocul de comandă, care are trei poziții.

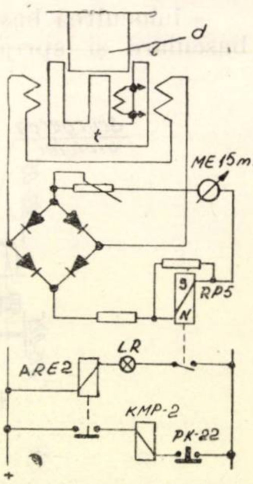


Fig. 7. Schema RDA de la turbinele LMZ (U.R.S.S.).

În poziţia ,,oprit'' este întreruptă alimentarea instalaţiei, atît de la tensiunea alternativă cît şi continuă. În poziţia ,,probă'' sînt introduse ambele tensiuni de alimentare, însă este întrerupt circuitul bobinei de declanşare (KMP-2). În felul acesta se pot executa verificările schemei fără pericolul declanşării nedorite a turbinei. Poziţia ,,lucru'' corespunde unei funcţionări normale a schemei de protecţie.

3. Releul electric de deplasare axială folosit la turbinele de construcţie LPZ (R.S.C.)

Acest releu de protecţie la deplasarea axială reprezintă de fapt o modernizare şi o lărgire a posibilităţilor schemei descrise anterior. Aşa cum se vede în figura 8, traductorul este construit din două miezuri în formă de U cu patru înfăşurări. Două din acestea sînt legate în serie constituind primarul traductorului. Celelalte două înfăşurări servesc pentru a obţine impulsul de tensiune proporţional cu poziţia discului faţă de miezurile traductorului. Tensiunile date de aceste două secundare se aplică la două punţi Graetz redresoare cu germaniu. Pentru compensarea de temperatură, în serie cu fiecare diodă este legată cîte o rezistenţă de compensare *Rs*. Cele două punţi fac parte dintr-o schemă diferenţială de mare sensibilitate (2,5 mA pentru 1 mm deplasare axială) şi cu posibilităţi mari de reglaj, datorită rezistenţelor R_3 şi R_8.

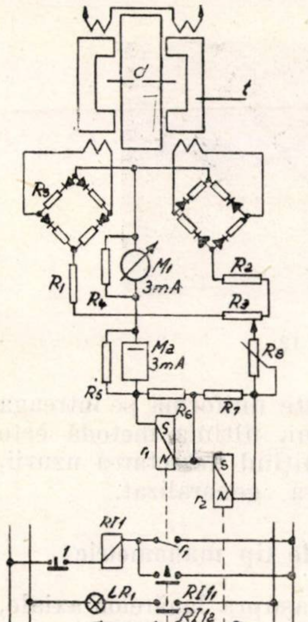


Fig. 8. Schema RDA de la turbinele LPZ (R.S.C.).

Indicatorul M_1 şi înregistratorul M_2 sînt miliampermetre cu scară de la 0 la 3 mA, legate în serie împreună cu releele primare de impuls r_1 şi r_2. Aceste relee sînt reglate să acţioneze la curenţi diferiţi (între 1 şi 3 mA), ceea ce permite să se obţină un semnal de alarmare înaintea acţiunii de declanşare a turbinei.

Schema mai cuprinde un bloc de relee intermediare ale căror contacte sînt folosite atît pentru autoreţinere cît şi pentru lămpile de semnalizare şi circuitele de declanşare. Alimentarea traductorului se face printr-un transformator de izolare şi un stabilizator standard.

O variantă îmbunătăţită a schemei descrise este folosită şi la noile tipuri de turbine LMZ (U.R.S.S.).

4. Releul electric de deplasare axială de tip IRME-Sibiu

Pe linia simplificării schemelor releelor de deplasare axială, IRME-Sibiu a elaborat un ansamblu traductor-releu funcţionînd pe principiul compensării într-un logometru a variaţiei inductanţei traductorului (fig. 9.).

Traductorul este construit dintr-un miez în formă de E, cu două înfăşurări egale pe braţele laterale, braţul din mijloc folosind numai pentru închiderea fluxului magnetic.

La apariţia unei deplasări axiale, discul-armătură face să varieze întrefierurile axiale respective, modificînd prin aceasta inductanţele celor două înfăşurări. Se produce în acest mod un dezechilibru momentan al punţii de inductanţe, ceea ce provoacă o modificare a poziţiei echipajului mobil al logometrului în sensul restabilirii echilibrului. Pentru a introduce impulsul de deplasare axială în circuitele de semnalizare şi declanşare, echipajul mobil provoacă, în mişcarea sa, închiderea unor contacte fixe, însă reglabile, după necesităţi, pentru ambele sensuri de deplasare axială.

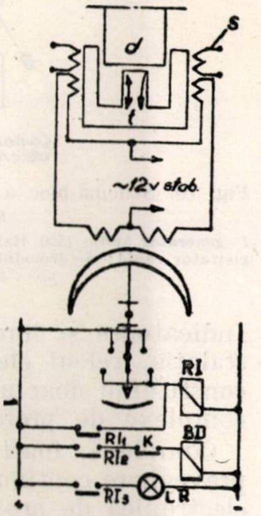


Fig. 9. Schema RDA în fabricaţie la IRME (R.P.R.).

Traductorul se montează la turbină pe un sistem micrometric special, care permite reglajul şi efectuarea tuturor probelor din exterior.

Logometrul este realizat din patru bobine (cîte două dispuse în fiecare braţ al punţii), care formează echipajul fix al aparatului, şi două armături în formă de semilună. Stabilitatea indicaţiilor la variaţii importante ale temperaturii traductorului şi logometrului este bună. La fel, variaţiile tensiunii de alimentare şi frecvenţă influenţează în foarte mică măsură stabilitatea indicaţiilor.

Acest tip de releu este folosit în prezent în mod curent la turbinele de fabricaţie Reşiţa, fiind introdus şi la unele maşini de construcţie mai veche (TA1 Timişoara etc.).

5. Releul electronic de deplasare axială

Folosind unul dintre tipurile de traductoare diferenţiale descrise, releul electronic de deplasare axială prelucrează impulsul într-o instalaţie (fig. 10) cuprinzînd un generator stabil de frecvență audio (de exemplu 500 Hz), cu care se excită traductoarele, etajele de amplificare de modulare și releele electronice.

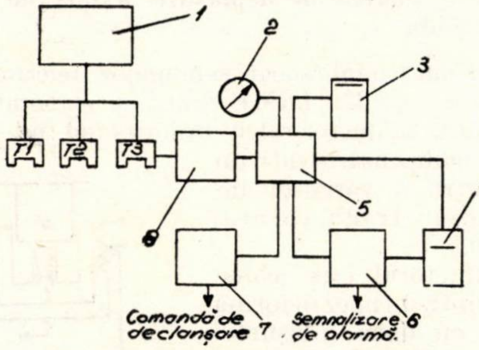


Fig. 10. Schema-bloc a unei instalații electronice la deplasarea axială:

1—generator audio (500 Hz); 2—indicator; 3—înregistrator; 4—înregistrator rapid; 5—demodulatoare sau redresoare; 6—7—relee electronice; 8—amplificator audio.

Indicatoare și înregistratoare completează instalația, releul electronic de deplasare axială constituind doar un subansamblu al instalației complexe de protecție electronică a turbinei.

Complexă, foarte scumpă, necesitînd o supraveghere continuă și foarte atentă, instalația electronică de protecție se folosește în general la agregate mari, cu parametri foarte înalți, unde sensibilitatea de măsurare trebuie să fie foarte ridicată.

6. Releul de deplasare axială cu izotopi radioactivi

Aplicațiile izotopilor radioactivi, din ultimii ani, în diferitele procese de control și automatizare au devenit din ce în ce mai numeroase, deoarece aparatele de măsură și control bazate pe utilizarea radiațiilor dau, de obicei, la ieșire semnale electrice care au o viteză mare de acționare. În afară de aceasta, sursele radioactive pot fi introduse în locuri greu accesibile pentru tipurile clasice de traductoare, oferind astfel posibilități extrem de sensibile și fidele de urmărire a fenomenului cercetat.

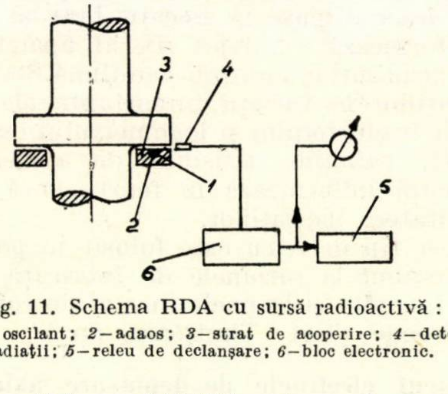


Fig. 11. Schema RDA cu sursă radioactivă:

1—segment oscilant; 2—adaos; 3—strat de acoperire; 4—detector de radiații; 5—releu de declanșare; 6—bloc electronic.

Cu ajutorul unei surse radioactive, plasată într-unul din segmenții oscilanți ai lagărului axial, și al dispozitivelor electronice asociate, este posibil a se determina momentul dispariției peliculei de ulei și deci începerea uzurii acesteia. În figura 11 este reprezentată o schemă de principiu a unei astfel de instalații. Adaosul *2*, introdus în segmentul oscilant *1*, se acoperă cu un strat *3*, care împiedică pătrunderea izotopului radioactiv în ulei în regimul normal de funcționare. Imediat ce segmentul s-a uzat pe adîncimea permisă, izotopul pătrunde în uleiul de ungere, ridicîndu-i brusc radioactivitatea, pe care detectorul de radiații *4* o pune numaidecît în evidență.

Informația furnizată de detector poate produce un semnal de avertizare a personalului de servire sau poate acționa simultan și organele de admisie a aburului, micșorînd sarcina turbinei.

Adaosurile *2* au forma unor bucăți de sîrmă fabricate de preferință din același material ca și suprafața supusă uzurii. Ele se introduc în orificii cu diametrul de 0,5...1 mm, adînci de 2 mm.

Izotopul radioactiv poate fi depus și pe cale electrolitică, sub stratul de material antifricțiune, depus în același mod.

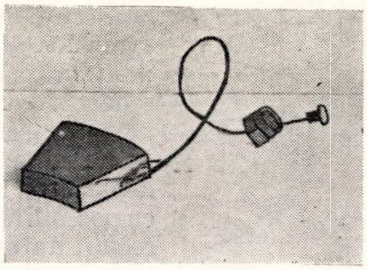


Fig. 12.

Deoarece uzura nu este uniformă pe întreaga suprafață a segmentului, ultima metodă este mai avantajoasă, permițînd detectarea uzurii, chiar dacă ea nu s-a generalizat.

7. Releul de protecție de tip manometric

Cercetările efectuate asupra lagărelor axiale, în scopul stabilirii sarcinii specifice pe care o pot prelua segmenții oscilanți, au condus la necesitatea măsurării efective a presiunii în pelicula de ulei.

În acest scop, pe suprafața activă a segmentului oscilant s-a practicat un orificiu de 3 mm, ca în figurile 12—14. De la această priză de presiune, uleiul este condus la un manometru, prin intermediul unui tub subțire elastic, pînă la ieșirea din carcasă și în continuare cu țeavă obișnuită din cupru. Elasticitatea tubului este sporită de o buclă executată cît mai aproape de segment, permițîndu-i acestuia oscilația necesară în timpul funcționării.

Așa cum s-a arătat anterior, valoarea presiunii măsurate depinde de locul unde s-a practicat priza și variază în acest caz conform graficului din figura 1, pentru o sarcină constantă a turbinei. Măsurătorile efectuate la o turbină APT-12 de fabricație Kaluga au indicat pentru valoarea maximă 120—130 kgf/cm², iar pentru centrul de presiune, 90 kgf/cm². Rezultă că manometrul folosit este suficient de robust pentru a realiza închiderea unor contacte ale unui circuit electric de semnalizare sau declanșare a închiderii admisiei aburului în turbină.

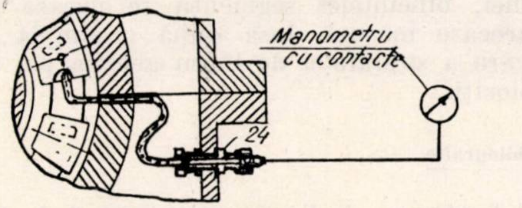


Fig. 13.

În acest mod s-a obținut un releu de protecție a lagărului axial și deci și al turbinei, extrem de simplu, care intră în funcțiune la dispariția presiunii din pelicula de ulei, deci în momentul pierderii portanței și apariției frecării uscate. Contactele manometrului se execută reglabile și sînt stabilite în așa fel încît produc declanșarea turbinei ceva mai înainte ca presiunea în pelicula de ulei să devină nulă. Această presiune (circa 12 ... 15 kgf/cm²) folosește pentru a unge suprafețele de lucru și în perioada de oprire, evitîndu-se astfel, la maximum, frecarea uscată și deci uzura segmentului, astuparea orificiului etc.

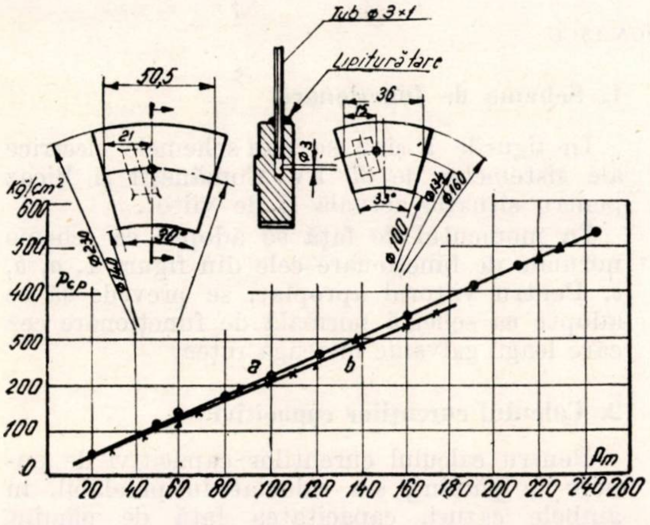


Fig. 14. Variația presiunii medii, P_m, funcție de presiunea P_{cp}, măsurată în centrul de presiune.

Un astfel de releu de protecție este folosit în prezent la turbinele APT-12 de la Arad și Tîrnăveni.

În figura 12 se poate vedea un astfel de segment prevăzut cu priză de prelevare, executat de „Energo-reparații" pentru APT-12 de la Tîrnăveni. Schema de principiu a unui astfel de releu este extrem de simplă și este prezentată în figura 13.

Folosirea releului manometric mai prezintă și alte avantaje pentru exploatare. Astfel, cunoscînd în permanență valoarea presiunii din centrul de presiune, se poate calcula încărcarea medie a segmentului. Această valoare, înmulțită cu suprafața totală activă a segmenților, dă forța axială efectivă care acționează asupra lagărului axial. Precizia măsurătorilor este suficient de bună pentru nevoile de exploatare, permițînd determinarea rapidă și analiza eforturilor axiale în turbină, fie pentru preîntîmpinarea avariilor lagărelor axiale, fie în legătură cu modificarea condițiilor de exploatare, cum ar fi prelevarea de abur pentru termoficare sau funcționarea cu contrapresiuni diferite de cele nominale.

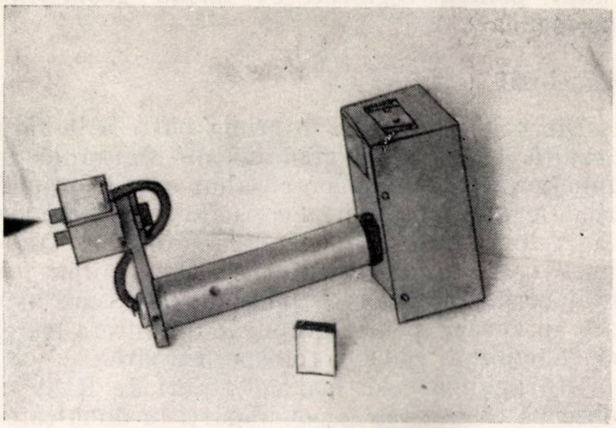


Fig. 15. Traductorul releului de deplasare axială tip IRME-Sibiu.

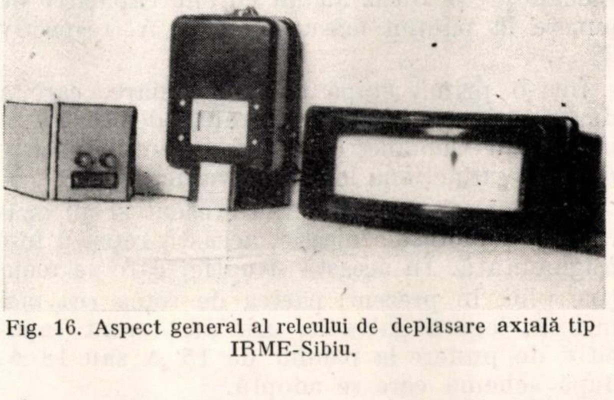


Fig. 16. Aspect general al releului de deplasare axială tip IRME-Sibiu.

În figura 14 sînt arătate rezultatele încercărilor efectuate pentru două lagăre diferite, primul funcționînd la o turație de 3 000 rot/min, al doilea la o turație de 6 700 rot/min, cu segmenți avînd raportul $\left(\frac{b}{l}\right) = 1$. Pentru primul caz, $\frac{P_{cp}}{P_m} = 2{,}2$, iar pentru al doilea, $\frac{P_{cp}}{P_m} = 2{,}1$. Deci se poate spune cu suficientă precizie că raportul dintre P_{cp} = presiunea măsurată în centrul de presiune și P_m = presiunea medie depinde numai de dimensiunile geometrice ale segmentului, însă el este constant pentru segmenți cu forme geometrice asemenea.

Concluzii

Din cele prezentate în prima parte a lucrării rezultă că mărirea gradului de siguranță în funcționarea turbinelor cu abur este în primul rînd legată de mărirea capacității portante a lagărelor axiale și de modernizarea lor. Acțiunea trebuie întreprinsă însă concomitent cu echiparea turbinelor cu relee de deplasare axială, în special pentru grupurile de putere mare, și înlocuirea celor necorespunzătoare.

Din analiza celor mai noi tipuri de RDA se observă că acestea se pot împărți în două categorii :

a) RDA care funcționează la deplasări finite (mai mari sau mai mici) ale rotorului, efectuînd prin aceasta numai protecția turbinei. Deplasarea necesară pentru intrarea în funcțiune a acestor tipuri de RDA comportă începerea uzurii segmenților, deci avarierea lor.

b) RDA care sesizează momentul dispariției peliculei de ulei de pe fața de lucru a segmenților oscilanți și care intră deci în funcțiune chiar la începutul avarierii acestora. De la darea impulsului de oprire și pînă la descărcarea turbinei, bineînțeles segmenții se uzează într-o oarecare măsură, însă după o simplă rectificare a suprafeței de lucru aceștia pot fi refolosiți.

Bibliografie

[1] Trifanov, E. V. și Iampolski, S. E. *Regimul termic al unui lagăr axial de turbină cu abur și siguranța în funcționare.* Elektriceskie stanții nr. 3, 1958, p. 23—27.

[2] Manea, Gh. și Mustafa, M. *Contribuții la calculul lagărelor axiale cu alunecare.* Buletinul Institutului politehnic — București, tom XXIII, fascicola 2, aprilie-iunie 1961.

[3] Ianovski, M. I. *Construcția și calculul organelor turbinei cu abur* (limba rusă). Academia de Științe a U.R.S.S., Moscova, 1947.

[4] Trifanov, E. V. și Iampolski, S. E. *Mărirea siguranței de funcționare a lagărelor axiale ale turbinelor cu abur.* Elektriceskie stanții nr. 9, 1960, p. 27—30.

[5] Franz Krenz. *Lagăre axiale de presiune.* Die Technik VI (1951) nr. 8, p. 339—345.

[6] Tubianski, L. I. și Frenkel, L. D. *Turbine cu abur de înaltă presiune LMZ — construcție și deservire* (limba rusă). Editura Energetică, Moscova — — Leningrad 1953.

Tratarea neutrului sistemelor 35 kV Comănești și Bicaz

Ing. *GH. IONAȘCU*

În extinderea lor actuală, sistemele 35 kV Comănești și Bicaz au un curent capacitiv de punere la pămînt măsurat de 32 A, respectiv 22 A.

Într-o primă etapă de funcționare, care a durat cîțiva ani, întreaga rețea de 35 kV a sistemului Comănești, cu un curent capacitiv de 28 A, funcționa legată galvanic.

Ulterior, cînd sarcinile au crescut și au apărut noi puncte de injecție, această rețea a fost fragmentată. În această situație, care se menține pînă în prezent, partea de rețea cea mai întinsă, legată galvanic, are un curent capacitiv de punere la pămînt de 15 A sau 18 A, după schema care se adoptă.

Tratarea neutrului acestor sisteme s-a făcut pe baza mărimii curenților capacitivi de punere la pămînt calculați și măsurați, a supratensiunilor prelungite calculate și a observațiilor făcute în exploatare în cazul unei puneri la pămînt a unei faze.

1. Scheme de funcționare

În figurile 1 și 2 se dau schemele electrice ale sistemelor de 35 kV Comănești și Bicaz pentru situația actuală și de viitor.

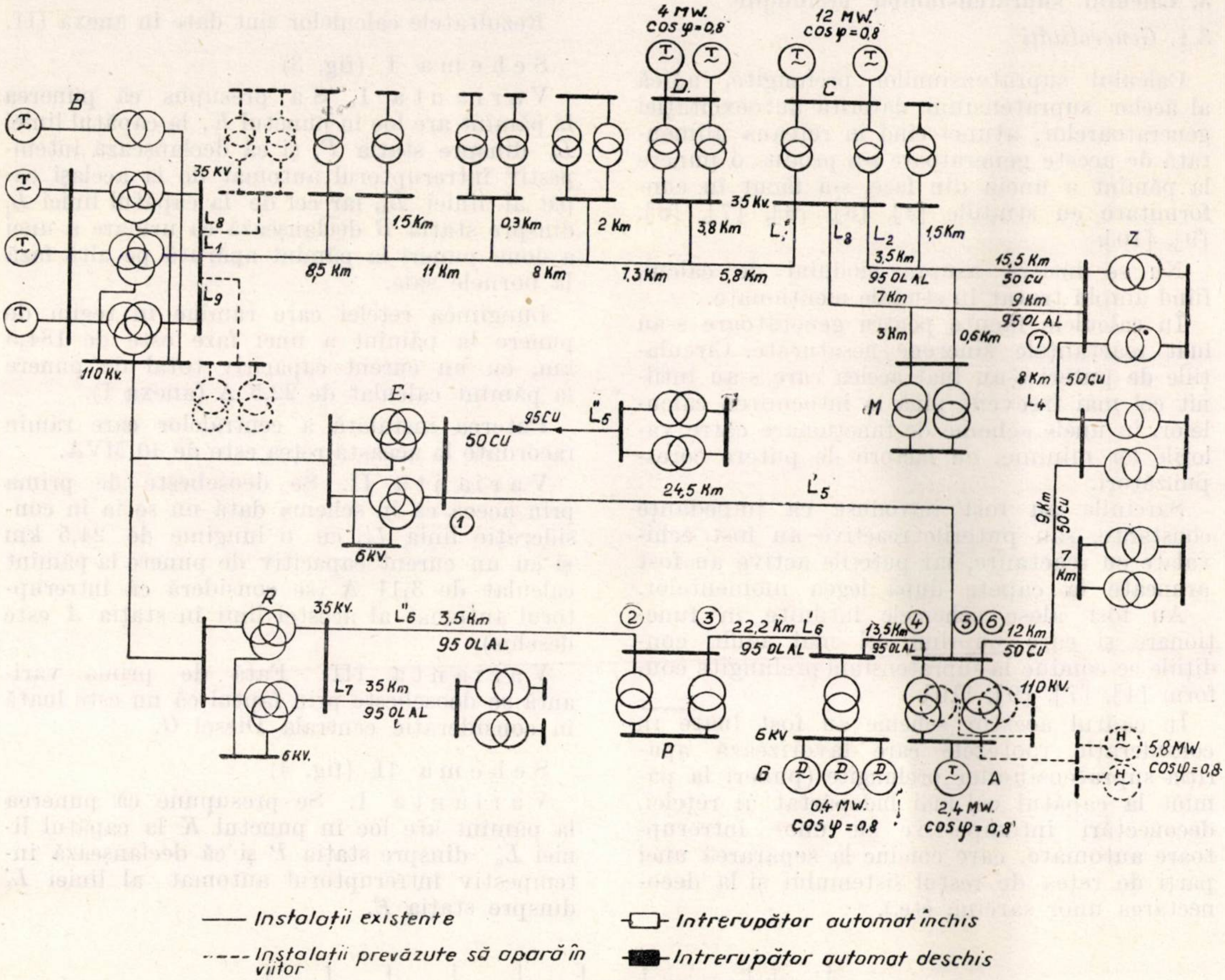
În momentul de față se adoptă ca scheme normale de funcționare cele din figura 1, *a*, *b*, *c*. Pentru viitorul apropiat, se prevede să se adopte ca schemă normală de funcționare cea care leagă galvanic întreaga rețea.

2. Calculul curenților capacitivi

Pentru calculul curenților capacitivi de punere la pămînt, s-a calculat în prealabil, în ambele cazuri, capacitatea față de pămînt (homopolară) a liniilor, cu ajutorul sistemelor de ecuații ale lui Maxwell, pentru determinarea coeficienților de potențial, utilizînd, pentru simplificare, distanțele medii ale conductoarelor active față de pămînt și față de conductoarele de protecție.

Nu se insistă asupra modului de calcul al acestor curenți, fiind arătat amănunțit în literatură [3].

În anexele I și II se dau valorile curenților capacitivi specifici și totali de punere la pămînt. Ei sînt calculați la tensiunea de linie de 35 kV,


B
35 KV
110 Kv.
L_8
L_1
L_9
8,5 Km
1,5 Km
11 Km
0,3 Km
8 Km
2 Km
7,3 Km
3,8 Km
5,8 Km
4 MW.
COS φ = 0,8
D.
12 MW.
COS φ = 0,8
C
35 Kv.
L_1'
L_8
L_2
1,5 Km
3,5 Km
95 OL AL
7 Km
3 Km
0,6 Km
15,5 Km
50 CU
9 Km
95 OL AL
Z
7
8 Km
50 CU
L_4
M
E.
95 CU
50 CU
L_5''
1
6 KV.
24,5 Km
L_5'
9 Km
50 CU
7 Km
R
35 KV.
L_6''
3,5 Km
95 OL AL
L_7
35 Km
95 OL AL
6 KV.
2
3
22,2 Km
L_6'
95 OL AL
13,5 Km
95 OL AL
4
5
6
12 Km
50 CU
110 KV.
P
6 KV
G
D
0,4 MW.
COS φ = 0,8
T
A
2,4 MW.
COS φ = 0,8
H
5,8 MW
COS φ = 0,8
— Instalații existente
---- Instalații prevăzute să apară în viitor
Intrerupător automat închis
Intrerupător automat deschis

Locul întrerupătorului în schemă.	SCHEMA DE FUNCȚIONARE										
	a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.	j.	k.
①	▬	▬	▭	▭	▭	▬	▭	▭	▭	▬	▬
②	▭	▭	▭	▭	▭	▬	▬	▬	▭	▭	▭
③	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▬	▭	▬
④	▭	▬	▬	▬	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭
⑤	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▬	▭	▭	▭	▭
⑥	▬	▭	▬	▭	▬	▭	▭	▬	▭	▭	▭
⑦	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▭	▬	▬	▬

Fig. 1. Schema sistemului 35 kV Comănești.

considerînd o creștere a lor cu 13% pentru a ține seamă de capacitatea suplimentară datorită echipamentului din stațiile de transformare.

3. Calculul supratensiunilor prelungite

3.1. *Generalități*

Calculul supratensiunilor prelungite, adică al acelor supratensiuni datorită autoexcitației generatoarelor, atunci cînd în rețeaua alimentată de aceste generatoare s-a produs o punere la pămînt a uneia din faze, s-a făcut în conformitate cu studiile [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10].

Nu se insistă asupra modului de calcul, fiind amplu tratat în studiile menționate.

În calculele făcute pentru generatoare s-au luat reactanțele sincrone nesaturate. Circulațiile de puteri s-au luat acelea care s-au întîlnit cel mai frecvent pînă la întocmirea calculelor, în unele scheme de funcționare către valorile lor minime, cu factorii de putere corespunzători.

Sarcinile au fost introduse ca impedanțe constante, sau puterile reactive au fost echivalate cu reactanțe, iar puterile active au fost aruncate la capete după legea momentelor.

Au fost alese schemele întîlnite în funcționare și care cuprind cel mai mult condițiile ce conduc la supratensiuni prelungite conform [4], [7], [9], [10].

În cadrul acestor scheme au fost luate în considerație ipotezele care favorizează apariția supratensiunilor prelungite (puneri la pămînt la capătul cel mai îndepărtat al rețelei, deconectări intempestive ale unor întrerupătoare automate, care conduc la separarea unei părți de rețea de restul sistemului și la deconectarea unor sarcini, etc.).

3.2. *Calculul supratensiunilor prelungite în sistemul* 35 kV *Comănești*

Au fost luate în considerație trei scheme cu nouă variante.

Rezultatele calculelor sînt date în anexa III.

Schema I (fig. 3)

Varianta I. S-a presupus că punerea la pămînt are loc în punctul K, la capătul liniei L'_6 dinspre stația P, și că declanșează intempestiv întreruptorul automat de la același capăt al liniei L'_6, iar cel de la capătul liniei L_1 dinspre stația B declanșează ca urmare a unei a doua puneri la pămînt apărută pe altă fază la bornele sale.

Lungimea rețelei care rămîne în regim de punere la pămînt a unei faze este de 184,5 km, cu un curent capacitiv total de punere la pămînt calculat de 22,5 A (anexa I).

Puterea instalată a centralelor care rămîn racordate la această rețea este de 40 MVA.

Varianta II. Se deosebește de prima prin aceea că în schema dată nu se ia în considerație linia L'_5, cu o lungime de 24,5 km și cu un curent capacitiv de punere la pămînt calculat de 3,11 A (se consideră că întreruptorul automat al acestei linii în stația A este deschis).

Varianta III. Față de prima variantă se deosebește prin faptul că nu este luată în considerație centrala Diesel G.

Schema II (fig. 4)

Varianta I. Se presupune că punerea la pămînt are loc în punctul K la capătul liniei L'_6 dinspre stația P și că declanșează intempestiv întreruptorul automat al liniei L'_5 dinspre stația E.

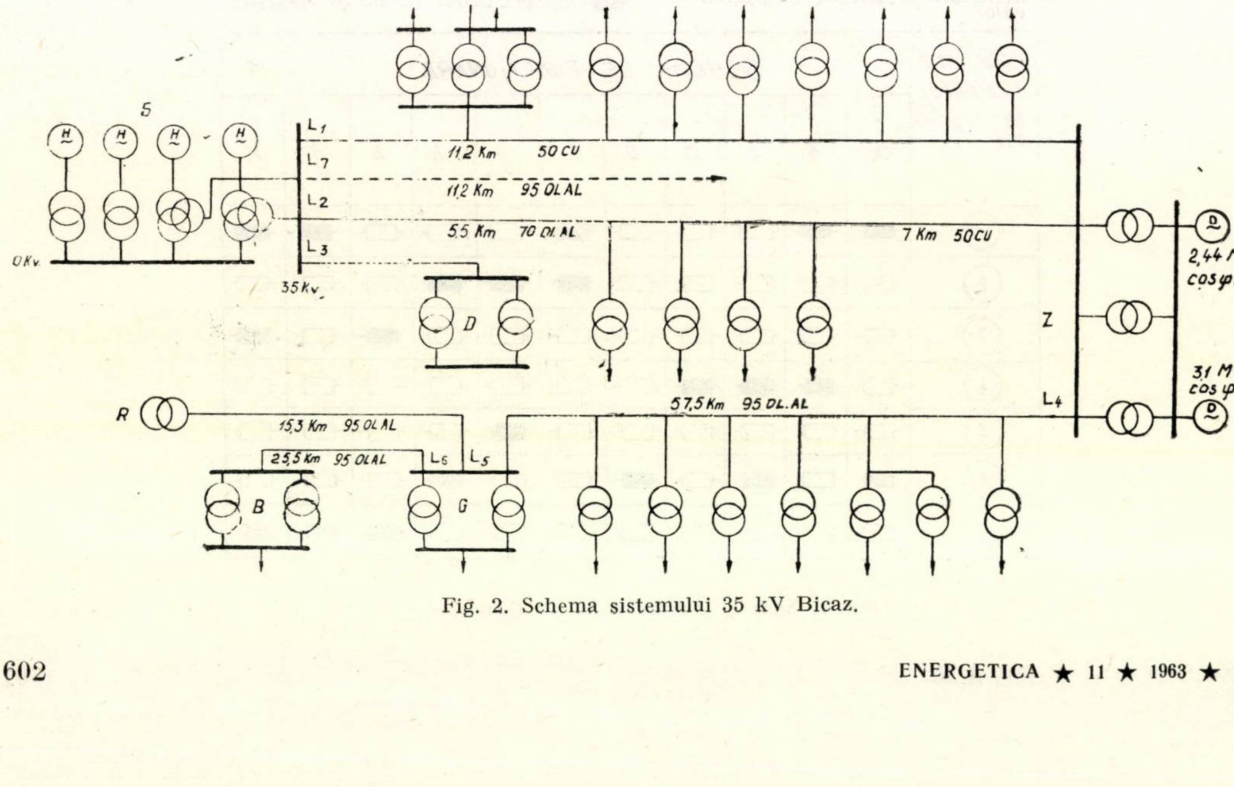
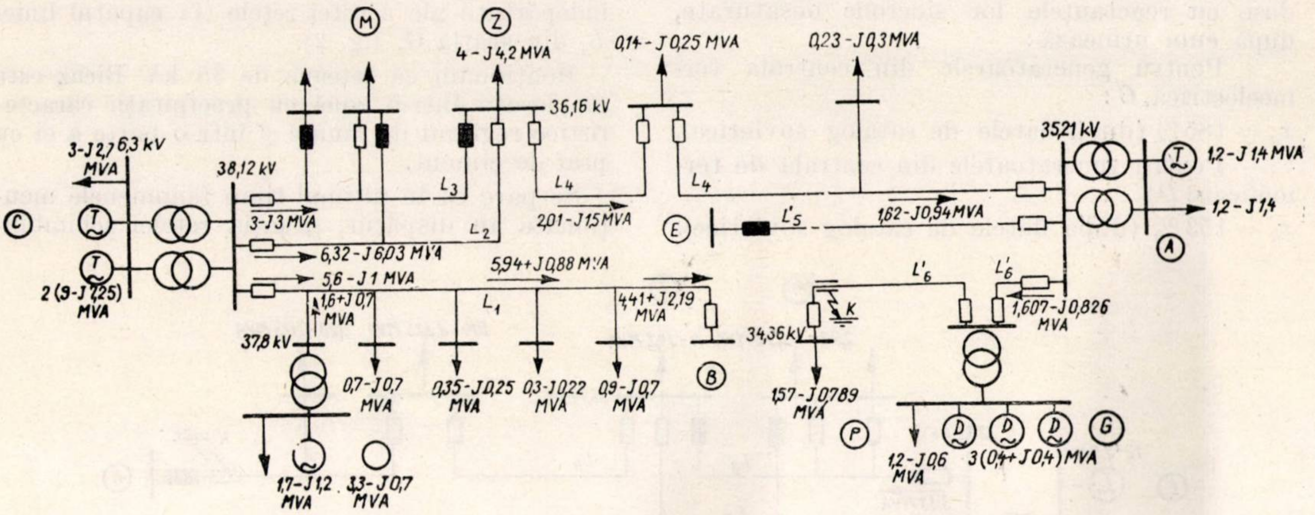


Fig. 2. Schema sistemului 35 kV Bicaz.



(M)
(Z)
4 - J4,2 MVA
0,14 - J0,25 MVA
0,23 - J0,3 MVA
36,16 kV
35,21 kV
1,2 - J1,4 MVA
1,2 - J1,4
3-J2,7 MVA
6,3 kV
38,12 kV
L3
L4
L4
L2
3-J3 MVA
2,01 - J1,5 MVA
1,62 - J0,94 MVA
(C)
(E)
L'5
(A)
6,32 - J6,03 MVA
5,94+J0,88 MVA
5,6 - J1 MVA
L'6
L'6
2 (9-J7,25) MVA
1,6+J0,7 MVA
L1
4,41+J2,19 MVA
1,607 - J0,826 MVA
K
37,8 kV
34,36 kV
(B)
0,7-J0,7 MVA
0,35-J0,25 MVA
0,3-J0,22 MVA
0,9-J0,7 MVA
1,57 - J0,789 MVA
(P)
(D)
(G)
1,7-J1,2 MVA
3,3-J0,7 MVA
1,2-J0,6 MVA
3(0,4+J0,4) MVA

Fig. 3:
—□— întreruptor automat închis; —■— întreruptor automat deschis.

Rețeaua considerată are o lungime de 96,2 km, cu un curent capacitiv de punere la pămînt calculat de 11,67 A (anexa I).

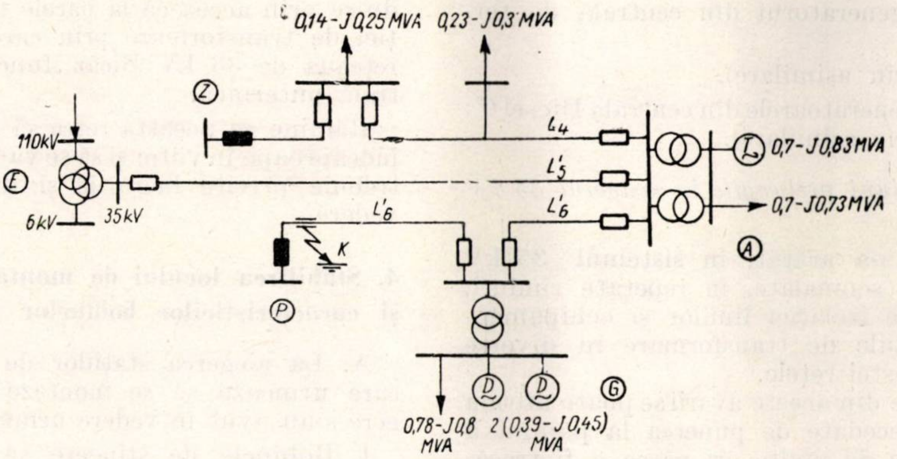
Puterea instalată a centralelor care rămîn racordate la această rețea este de 3,2 MVA.

Varianta II. Spre deosebire de prima, în această variantă nu se mai ia în considerație centrala Diesel *G*, cu cele două grupuri ale sale de cîte 500 kVA.

și un curent capacitiv de punere la pămînt calculat de 15,2 A.

Puterea instalată a centralelor care rămîn racordate la această rețea este de 20 MVA.

Varianta II. Se deosebește de prima prin faptul că declanșează numai întreruptoarele automate ale liniei L_1 în capătul dinspre stația *B* și stației de transformare *Z*, ceea ce conduce la o descărcare de sarcină de 4,6 MW.



0,14 - J0,25 MVA
0,23 - J0,3 MVA
(Z)
110kV
L4
0,7 - J0,83 MVA
(E)
L'5
35kV
6kV
L'6
L'6
0,7 - J0,73 MVA
K
(A)
(P)
(D)
(G)
0,78-J0,8 MVA
2(0,39 - J0,45) MVA

Fig. 4:
—□— întreruptor automat închis; —■— întreruptor automat deschis.

Schema III (fig. 5)

Varianta I. Se presupune că punerea la pămînt are loc în punctul *K*, la capătul liniei L_4 dinspre stația *A*, și că declanșează întreruptoarele automate ale liniei L_1 în capătul dinspre stația *B* și stațiilor de transformare *M* și *Z*, ceea ce conduce la o descărcare de sarcină de 7,52 MW.

Rețeaua care rămîne în regim de punere la pămînt cu o fază are o lungime de 124,3 km

Varianta III. Declanșează același întreruptor automat al liniei L_1 și stația *M*, astfel că descărcarea de sarcină este de 3,52 MW.

Varianta IV. Declanșează numai întreruptorul automat al liniei L_1 din capătul dinspre stația *B*, conducînd la o descărcare de sarcină de 0,6 MW.

Menționăm că în calculele făcute pentru schemele de mai sus generatoarele au fost introduse cu reactanțele lor sincrone nesaturate, după cum urmează:

— Pentru generatoarele din centrala termoelectrică C:

$x_d = 185\,\%$ (după datele de catalog sovietice).

— Pentru generatoarele din centrala de termoficare D;

$x_d = 153\,\%$ (după datele de catalog sovietice).

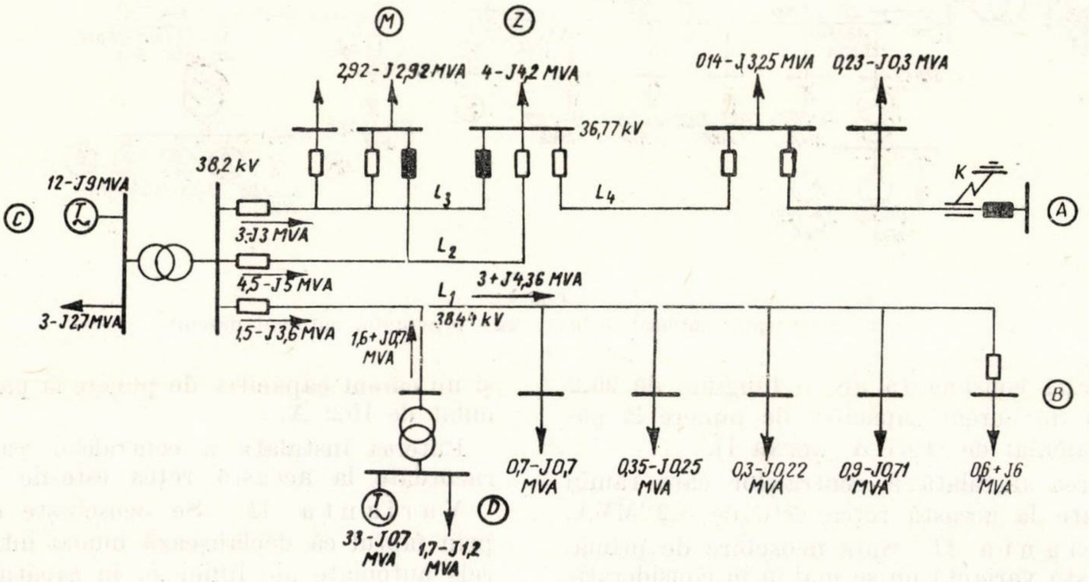


Fig. 5:

—▭— : întreruptor automat închis ; —■— întreruptor automat deschis.

— Pentru generatorul din centrala de termoficare A:

$x_d = 170\,\%$ (prin asimilare).

— Pentru generatoarele din centrala Diesel G: $x_d = 140\,\%$ (prin asimilare).

3.3. *Supratensiuni prelungite în sistemul 35 kV Bicaz*

După cum s-a arătat, în sistemul 35 kV Bicaz au fost semnalate, în repetate rînduri, străpungeri ale izolației liniilor și echipamentului din stațiile de transformare în diverse puncte ale acestei rețele.

Pentru unele din aceste avarii se poate afirma că au fost precedate de punerea la pămînt a unei faze, care de multe ori părea a fi trecătoare.

Din păcate, numărul și exactitatea observațiilor făcute și verificarea lor teoretică s-au făcut într-o proporție care nu ne permite să tragem o concluzie hotărîtă.

Calculele sumare făcute pentru a verifica existența unor supratensiuni prelungite au arătat că acestea erau de ordinul 1,92 U_f, atunci cînd rețeaua de 35 kV Bicaz era alimentată din sistemul energetic printr-o stație de transformare coborîtoare (neluînd în considerație centrala Diesel locală), iar punerea la pămînt fiind considerată la unul din capetele mai îndepărtate ale acestei rețele (la capătul liniei L_4 din stația G, fig. 2).

Menționăm că rețeaua de 35 kV Bicaz este amplasată într-o zonă cu precipitații caracteristice regiunii de munte și într-o parte a ei cu praf de ciment.

Se pare că în ultimul timp fenomenele menționate au dispărut, situația rețelei schimbîndu-se prin aceea că la barele de 10 kV ale stației de transformare prin care se alimentează rețeaua de 35 kV Bicaz funcționează o centrală puternică.

Rămîne ca această rețea să fie observată mai îndeaproape în viitor și să se vadă dacă nu cumva trebuie privite lucrurile și din alt punct de vedere.

4. Stabilirea locului de montare, a numărului și caracteristicilor bobinelor de stingere

A. La alegerea stațiilor de transformare în care urmează să se monteze bobine de stingere s-au avut în vedere următoarele:

1. Bobinele de stingere să nu rămînă separate galvanic de partea cea mai mare a rețelei atunci cînd, în exploatare, se adoptă una din schemele normale posibile de funcționare, chiar dacă în cadrul acestor scheme se scot de sub tensiune linii electrice pentru reparații planificate sau de lichidare a avariilor.

2. În cadrul schemelor normale de funcționare sau al celor care rezultă în urma unor deranjamente sau avarii și care prezintă pericolul unor supratensiuni prelungite, trebuie să existe montată o bobină de stingere.

S-a ținut seamă de recomandarea [10], (paragrafele 15.2 și 15.3) că în rețelele de 35 kV punerea la pămînt a unei faze poate conduce la supratensiuni periculoase dacă valoarea supratensiunii prelungite depăşeşte $2U_f$, iar dacă în reţea există regulatoare automate de tensiune se poate eventual funcţiona, pe timp limitat, cu o punere la pămînt a unei faze atunci cînd tensiunea remanentă nu depăşeşte $2U_f$, în calculul supratensiunilor prelungite trebuind să se ţină seamă, de astă dată, de efectul armonicelor.

3. Staţiile de transformare în care se montează bobine de stingere să fie cu personal permanent care să execute operaţii legate de schimbarea acordării bobinelor de stingere la schimbarea configuraţiei schemei.

4. Staţiile de transformare în care se montează bobinele de stingere să aibă transformatoarele cu una din conexiunile: Y_0d, Y_0y_0, Yz_0, Y_0y_0d.

Aceste conexiuni sînt de preferat din punctul de vedere al utilizării puterii bobinei de stingere şi al încălzirii suplimentare a transformatoarelor.

5. Puterea bobinei de stingere să nu depăşească circa 50% din puterea transformatorului la nulul căruia se conectează, cînd acesta din urmă are una din conexiunile Y_0d, Y_0y_0, Yz_0 şi nu trebuie să depăşească circa 50% din puterea înfăşurării în triunghi la transformatoarele cu conexiunea Y_0y_0d.

Această cerinţă trebuie respectată pentru a nu depăşi suprasarcina de 30% timp de două ore la transformatoarele care funcţionează la sarcina nominală, timp în care este permisă funcţionarea bobinei de stingere la curentul său cel mai mare cînd în reţea există o punere la pămînt (limitarea timpului de funcţionare a bobinei de stingere se face pe considerente de încălzire).

B. La stabilirea numărului şi a caracteristicilor bobinelor de stingere s-au avut în vedere următoarele:

1. Valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt a întregii reţele electrice existente şi a liniilor electrice care urmează să se construiască.

Dacă nu se cunosc suficient de exact liniile electrice care urmează să se construiască se ia cu circa 25% mai mare curentul capacitiv de punere la pămînt al reţelei existente, cînd aceasta a ajuns într-o oarecare fază de dezvoltare.

Pe baza acestui curent se capătă indicaţii asupra mărimii puterii instalate a bobinelor de stingere care urmează să se monteze.

Menţionăm că în ceea ce priveşte rezerva de putere din bobina de stingere pentru alegerea acordării, s-a considerat că aceasta trebuie făcută cu o uşoară supracompensare, practic la rezonanţă.

2. Numărul schemelor de funcţionare normală ce se pot adopta simultan şi independent una de alta, în cadrul reţelei date, al căror curent capacitiv de punere la pămînt depăşeşte 10 A.

Se va avea în vedere şi posibilitatea trecerii unor linii dintr-o schemă într-alta cu ocazia unor lucrări de reparaţii planificate sau de lichidare a unor avarii.

3. Posibilitatea reglării bobinelor de stingere în apropiere de rezonanţă, ori de cîte ori se schimbă configuraţia schemei, ceea ce impune ca reglajul acestora să se facă în trepte mici.

La o extindere mare a reţelelor compensate, aceasta se face numai cu unele din bobinele de stingere, care sînt de o putere mai mică decît celelalte.

4. Gama de puteri în care se construiesc bobinele de stingere.

Sistemul 35 kV *Comăneşti*

După cum s-a arătat, schemele normale de funcţionare cele mai probabile ale sistemului 35 kV Comăneşti, în situaţia actuală, sînt cele din figura 1, *a*, *b*, *c*, prevăzîndu-se pentru viitorul apropiat ca întreaga reţea să funcţioneze legată galvanic, cu avantajele cunoscute ale unei asemenea funcţionări, aceasta fiind, evident, o schemă normală de funcţionare.

Dintre schemele normale de funcţionare adoptate în momentul de faţă şi dintre schemele adoptate accidental în prezent şi în viitor sînt unele care pot conduce la valori periculoase ale supratensiunilor prelungite ([10] paragrafele 15.2 şi 15.3), aşa cum s-a arătat în paragraful 3.2.

În situaţia în care reţeaua de 35 kV a sistemului Comăneşti funcţionează fragmentat, din schemele normale de funcţionare şi cele care se pot adopta accidental (fig. 1) reiese că pentru o parte a acestei reţele staţia de transformare *C* este o staţie nodală care satisface cel mai bine condiţiile de la pct. A.1. şi A.2, fiind deci din acest punct de vedere indicată pentru montarea bobinei de stingere.

Din aceleaşi scheme se observă că pentru partea cealaltă a reţelei, condiţiile de la pct. A.1 pot fi cel mai bine satisfăcute de către staţia de transformare *A*, respectarea condiţiilor de la pct. A.2 neimpunîndu-se pentru această parte de reţea.

Privind lucrurile din punctul de vedere al valorii curentului capacitiv de punere la pămînt, situaţia se prezintă astfel:

Curentul capacitiv total de punere la pămînt calculat este pentru situaţia actuală, conform anexei I, de 31 A. Pentru extinderile cunoscute, acest curent nu depăşeşte 1 A (anexa I).

Considerînd faţă de situaţia actuală o creştere a curentului capacitiv de punere la pămînt de circa 25%, putem considera că valoarea acestuia este de 40 A, căreia îi corespunde o putere capacitivă de punere la pămînt de 800 kVA.

Din punctul de vedere al separării galvanice a rețelei de 35 kV Comănești se obțin trei scheme de funcționare simultane și independente în cadrul schemelor normale și patru asemenea scheme în cadrul celor adoptate în mod accidental.

În cadrul acestor scheme simultane și independente, analizînd situația din punctul de vedere al valorii celei mai mari a curentului capacitiv de punere la pămînt ce revine stațiilor de transformare nelegate galvanic cu stațiile C și A, care au fost considerate, așa cum s-a arătat mai sus, ca stații nodale, rezultă:

a) Stației de transformare R îi revine, în situația actuală, un curent capacitiv de punere la pămînt calculat de cea mai mare valoare, conform anexei I, de 8 A (fig. 1, *f*, *g*, *h*), care, conform prescripțiilor [1], [2], nu necesită compensare.

Pentru viitor, la nivelul cunoștințelor actuale, nu este prevăzută extinderea rețelei de 35 kV alimentată de pe barele de 35 kV ale acestei stații.

b) Stației de transformare E îi revine, în situația actuală, un curent capacitiv de punere la pămînt calculat de cea mai mare valoare, conform anexei I, de 8 A (fig. 1, *g*), adică sub valoarea de la care trebuie compensat curentul capacitiv al unei rețele cu neutrul izolat.

Pentru viitor nu este prevăzută extinderea rețelei de 35 kV alimentată de pe barele acestei stații.

Rezultă din cele de mai sus că schemele de funcționare simultane și independente al căror curent capacitiv de punere la pămînt la valoarea sa cea mai mare depășește 10 A sînt în număr de două, ele avînd ca stații de transformare nodale stațiile C și A.

Deci, pentru compensarea curentului capacitiv de punere la pămînt al sistemului de 35 kV Comănești, în situațiile în care rețeaua acestuia lucrează în mod normal fragmentat, este necesară montarea a două bobine de stingere, una în stația C, iar a doua în stația A.

În aceste situații, curentul capacitiv de punere la pămînt calculat, de valoarea cea mai mare, pe care trebuie să-l compenseze exclusiv bobina de stingere care urmează să se monteze în stația C, este, conform anexei I, de 16 A (fig. 1, *a*, *c*, *e*, *h*) iar cel pe care trebuie să-l compenseze exclusiv bobina de stingere care urmează să se monteze în stația A este de 16 A (anexa I și fig. 1, *e*).

Se vede că, ținînd seamă și de rezerva de putere, cele două bobine de stingere trebuie să fie de puteri egale, avînd fiecare o putere de cel puțin 400 kVA.

După [12], unde se dau date principale ale bobinelor de stingere, rezultă că trebuie alese două bobine de stingere de cîte 500—550 kVA, 12,5—25 A.

În situația în care întreaga rețea de 35 kV a sistemului Comănești va lucra în mod normal legată galvanic, stațiile de transformare C și A rămîn ca stații nodale, satisfăcînd cel mai bine condițiile de la pct. A.1.

În această situație de funcționare a rețelei, din punctul de vedere al separării galvanice din diverse cauze și al funcționării astfel un timp limitat, rezultă:

a) Separarea rețelei prin deconectarea la un capăt a oricărei din linii, cu excepția liniei L_4, face ca curentul capacitiv de punere la pămînt totalizat de bara care se separă de restul sistemului să nu depășească valoarea de 10 A.

b) Cînd separarea rețelei s-a făcut prin deconectarea liniei L_4 la capătul dinspre stația A, curentul capacitiv de punere la pămînt calculat pentru fiecare din cele două părți de rețea este, conform anexei I, de 16 A.

Partea de rețea care rămîne legată galvanic cu barele stației C prezintă, așa cum s-a arătat în paragraful 3.2, pericolul unor supratensiuni prelungite.

c) Dacă separarea rețelei se face prin deconectarea liniei L_4 la capătul din stația Z, curentul capacitiv de punere la pămînt calculat al celor două părți de rețea este de 12 A pentru cel totalizat de bara stației C și 20,5 A pentru cel totalizat de bara stației A.

Din cele arătate și ținînd seamă de rezerva de putere care trebuie lăsată în bobinele de stingere pentru extinderi viitoare și de gama de puteri în care se fabrică acestea, rezultă că și în situația adoptării ca schemă normală de funcționare a aceleia în care întreaga rețea de 35 kV lucrează legată galvanic trebuie montate două bobine de stingere de 500—550 kVA, 12,5—25 A, una în stația C, iar a doua în stația A.

Stațiile de transformare C și A sînt exploatate cu personal permanent, au transformatoare cu conexiunile Y_0d, puterea lor depășind cu mult puterea bobinelor de stingere alese.

Sistemul 35 kV *Bicaz*

După cum se vede din figura 2, întreaga rețea de 35 kV a sistemului Bicaz este alimentată de pe barele de 35 kV ale stației de transformare de la centrala S (cele două grupuri Diesel din centrala Z vor funcționa un timp limitat numai la orele de vîrf).

Această împrejurare impune ca bobina de stingere să fie montată chiar în stația de transformare de la centrala S (de altfel ea este și o stație nodală a acestui sistem).

Conexiunile transformatoarelor care alimentează barele de 35 kV ale acestei stații sînt

Y_0y_0d, puterea acestor transformatoare fiind de 31,5 MVA, 100/100/100 %; staţia este exploatată de personalul de la centrală.

Conform anexei II, valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt calculat, în situaţia actuală, este de 18,3 A, iar extinderile prevăzute a se realiza în viitorul apropiat vor avea un curent capacitiv de punere la pămînt de 3,33 A (anexa II).

Dacă s-ar alege o bobină de stingere de 550 kVA, 35 kV, 12,5—25 A, ar exista o rezervă de putere în această bobină de peste 13 %.

Ţinînd seamă de faptul că nu se mai întrevede să apară alte linii care să plece de pe barele de 35 kV ale staţiei *S*, decît cele arătate în figura 2, că prin staţiile de transformare *D* şi *G* sau B (fig. 2) aceste bare se vor lega în viitor cu cele ale altor staţii de transformare prin care se va injecta energia, staţii în care pare că va fi necesar în viitor să se monteze bobine de stingere, şi că următoarea treaptă de putere în care se fabrică bobinele de stingere este de 1 100 kVA, alegerea unei bobine de stingere de 550 kVA, 12,5—25 A poate fi considerată satisfăcătoare.

Dar, prin faptul că reţeaua sistemului de 35 kV Bicaz este formată din linii aeriene de diverse construcţii, cu lungimi şi secţiuni diferite ale conductoarelor, unele din ele cu ieşiri în cablu pentru care curentul capacitiv de punere la pămînt se ia din cataloage, linii care traversează terenuri cu multe denivelări şi cu un număr relativ mare de posturi de transformare, pentru unele din ele neexistînd documentaţie, este de presupus că calculul curentului capacitiv de punere la pămînt nu poate da valori exacte ale curentului capacitiv de punere la pămînt; de aceea este necesar să se facă măsurători ale acestuia şi abia pe urmă să se definitiveze alegerea puterii bobinei de stingere.

5. Situaţia montării bobinelor de stingere şi critica ei

În sistemul 35 kV Comăneşti se află montată în staţia *C*, încă de la construcţia acesteia, o bobină de stingere de 35 kV, 25/12,5 A, 500/250 kVA, iar a doua de 22,2 kV, 18,6/10,7 A, 555 kVA în staţia *R*.

Montarea bobinei de stingere, cu caracteristicile arătate mai sus, în staţia *C* corespunde punctului de vedere exprimat în aliniatul precedent. Însă montarea celei de-a doua bobine de stingere în staţia *R* nu mai corespunde acestui punct de vedere.

Ea a fost montată în această staţie o dată cu punerea în funcţiune a liniei L_4 (fig. 1), deoarece conducea la economii în protecţia circuitelor de telecomunicaţii influenţate de aceasta ca urmare a reducerii la maximum a posibilităţii transformării simplei puneri la pămînt în dublă punere la pămînt [1], [15].

În asemenea situaţie, montarea bobinei de stingere este indicată chiar dacă valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt este mai mică decît 10 A în reţelele de 35 kV şi chiar dacă, punînd bobina de stingere pe plotul minim, rezultă la locul defectului monofazat un curent de punere la pămînt inductiv (adică bobina de stingere este acordată la supracompensare).

Aceasta din cauză că, deşi nu mai există o acţiune termică şi electrodinamică periculoasă a curentului capacitiv de punere la pămînt la locul defectului, există totuşi posibilitatea, verificată experimental [17], [18], a apariţiei de supratensiuni, care în unele cazuri ar putea conduce la străpungerea izolaţiei pe una din fazele sănătoase şi astfel să fie transformată simpla punere la pămînt în dublă punere la pămînt, situaţie în care curenţii homopolari care apar pot să producă influenţele periculoase deja stabilite prin calcule sau măsurători în circuitele telefonice din apropiere.

Curentul de punere la pămînt inductiv la locul defectului monofazat nu dă naştere la supratensiuni în reţea.

La valori mici (3—5 A) ale curenţilor capacitivi de punere la pămînt, rigiditatea dielectrică a arcului electric la locul de defect se restabileşte repede la trecerea prin zero a curentului din circuitul acestuia, ceea ce face să se tindă către realizarea uneia din condiţiile de bază ale teoriei arcului intermitent, pe baza căreia s-a căutat să se explice, înainte, valorile periculoase pentru izolaţii ale supratensiunilor care apăreau în cazul punerii la pămînt pe una din fazele reţelei cu neutrul izolat, indiferent de valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt [16], [17]. (La valori mari ale curentului capacitiv de punere la pămînt, această condiţie de bază a teoriei arcului intermitent nu este îndeplinită [17], [18]).

În afară de cazurile speciale, aşa cum este cel al protecţiei circuitelor telefonice, prescripţiile [1], [2] nu prevăd montarea bobinelor de stingere în reţelele de 35 kV dacă curentul capacitiv de punere la pămînt al acestora nu depăşeşte 10 A, probabil din considerente economice.

În cazul nostru, valoarea periculoasă a inducţiei electromagnetice în circuitele de telecomunicaţii influenţate de linia L_7 la o punere dublă la pămînt pe aceasta a fost stabilită pe bază de calcule. Or, se ştie că în acestea se iau o serie de date aproximative (de exemplu conductivitatea solului). De aceea s-au făcut măsurători şi, pe baza acestora, s-a stabilit că tensiunea longitudinală indusă în circuitele de telecomunicaţii este sub valoarea admisă [15].

Urmează deci ca bobina de stingere montată în stația *R* să fie dusă și montată în stația *A*, însă, conform celor stabilite în paragraful precedent, bobina de stingere care se montează în stația *A* trebuie să fie pînă la 25 A.

Va trebui văzut dacă actuala bobină de stingere din stația *R* poate fi modificată prin mărirea interstițiilor circuitului său magnetic, astfel încît să se poată obține de la ea cel puțin 25 A.

Se vede că, dacă bobina de stingere din stația *R* nu s-ar muta în stația *A*, ar trebui ca bobina de stingere din stația *C* să fie de 1 100 kVA, 25—50 A, iar cea din stația *R* să fie modificată astfel ca să se obțină de la ea 25 A (chiar în această situație ar apărea scheme ca cele din fig. 1, *h*, *i*, cu un curent capacitiv de punere la pămînt mai mare de 10 A, care ar rămîne necompensat), sau ar trebui să se monteze și o a treia bobină de stingere de 12,5—25 A, 500 — 550 kVA (cel mai indicat în stația *A*).

În ambele cazuri, puterea instalată a bobinelor de stingere ar crește cu 50 %.

În sistemul 35 kV Bicaz se află montată în stația *S* (fig. 2) o bobină de stingere de 22,2 kV, 18,6/10,7 A, 555 kVA.

În conformitate cu cele spuse în paragraful precedent, această bobină de stingere nu este corespunzătoare.

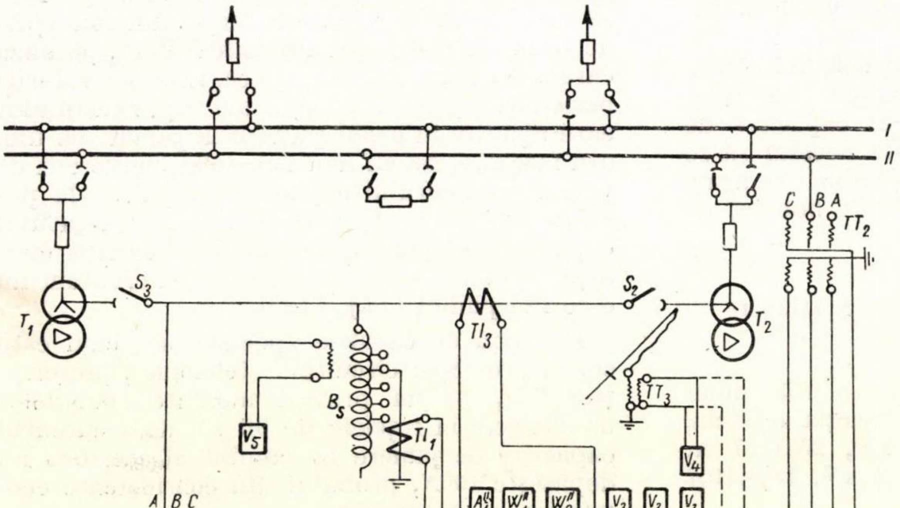


Fig. 6. Schema de măsură prin metoda aplicării unei tensiuni străine pe neutru, folosită la măsurători.

6. Efectuarea măsurătorilor

6.1. *Metoda aleasă pentru măsurători*

Pentru măsurarea mărimilor care prezintă interes la acordarea bobinelor de stingere din sistemul 35 kV Comănești și Bicaz s-a folosit metoda aplicării unei tensiuni străine pe neutru.

Valoarea tensiunii străine aplicate la neutru a fost 6 kV.

S-a ales această metodă, deși în comparație cu metoda punerii metalice la pămînt prezintă dezavantajul unui volum mare de lucrări pregătitoare și al unor erori mai mari (5—7 % față de 3—4 %), deoarece s-a manifestat prudență mărită față de eventualitatea întreruperii alimentării cu energie electrică a unor consumatori importanți alimentați din aceste sisteme, ca urmare a unei solicitări mai mari a izolației în cazul punerii metalice la pămînt decît în cazul aplicării tensiunii străine pe neutru.

Nu s-a combinat metoda punerii metalice la pămînt cu metoda bazată pe tensiunea de deplasare a neutrului [19], pe de o parte din același motiv ca mai sus, iar pe de altă parte prin faptul că nu se cunoștea care va fi ordinul de mărime al erorilor care se fac la stabilirea curentului capacitiv de punere la pămînt pe baza ultimei metode, atunci cînd la măsurători se folosește numai o singură bobină de stingere cu cinci ploturi (deoarece chiar în sistemul 35 kV Comănești, unde se află montate două bobine de stingere, nu se puteau folosi acestea simultan, pentru că liniile electrice la al căror neutru sînt conectate nu funcționează legate galvanic).

De aceea s-a căutat să se vadă și în ce măsură se poate folosi metoda bazată pe tensiunea de deplasare a neutrului [19] atunci cînd la măsurători se folosește o asemenea bobină.

În sistemul 35 kV Comănești, măsurătorile s-au făcut în stațiile *C* și *R*, iar în sistemul 35 kV Bicaz — în stația *S*, adică acolo unde s-au aflat montate bobinele de stingere (fig. 1 și 2).

Caracteristicile acestor bobine de stingere sînt date în anexa V.

6.2. *Schema circuitelor primare și secundare adoptată pentru măsurători*

În figura 6 se dă schema de principiu utilizată la măsurători, iar în figura 7 — schema circuitelor de alimentare a transformatorului de la care s-a luat tensiunea străină.

Pentru crearea tensiunii străine care trebuie aplicată neutrului, ne-a stat la dispoziție un transformator de 6/0,4 kV, 250 kVA, $U_k=5\%$, Dy_0-5, deși puterea acestuia putea să nu depășească 100 kVA la întinderea rețelelor care au revenit fiecărui punct de măsură [19].

La măsurătorile făcute în stația C, tensiunea străină aplicată neutrului nu a putut fi opusă nici uneia din tensiunile de fază ale rețelei de 35 kV, dat fiind grupele de conexiuni ale transformatoarelor (fig. 7 și 8). Acest fapt a făcut ca pe una din faze solicitarea izolației să fie mai mare decît în cazul în care tensiunea străină ar fi fost în opoziție de fază cu una din tensiunile de fază ale rețelei.

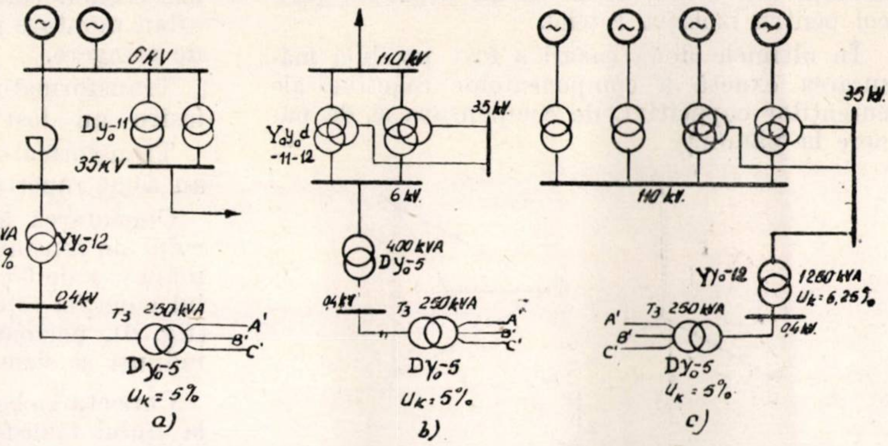


Fig. 7. Schema circuitelor de alimentare cu tensiune străină pe neutru: *a* — la măsurătorile din stația *C*; *b* — la măsurătorile din stația *R*; *c* — la măsurătorile din stația *S*.

Din același motiv, componentele reactive ale curenților capacitivi, de compensare și de punere la pămînt nu au putut fi măsurate exact, deoarece nici una din tensiunile de linie nu este paralelă cu direcția pe care urmează să se proiecteze acești curenți ca să dea componentele lor reactive.

În figura 8 se dau diagramele tensiunilor și curentului capacitiv de punere la pămînt în cazul măsurătorilor efectuate în stația C.

Menționăm că la aceste măsurători pe partea de 6 kV a transformatorului T_3 (fig. 6 și 7) s-a legat la pămînt faza C, iar faza A a fost legată la bara de nul.

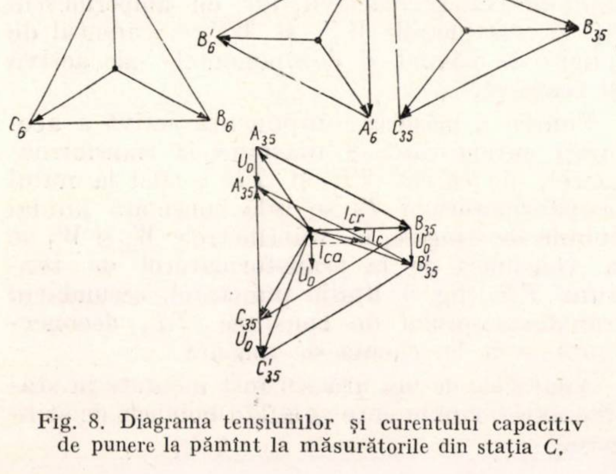


Fig. 8. Diagrama tensiunilor și curentului capacitiv de punere la pămînt la măsurătorile din stația C.

La măsurătorile efectuate în stația R, tensiunea străină aplicată neutrului a putut fi opusă tensiunii uneia din fazele rețelei, așa după cum se vede din figurile 7 și 9 (pe partea de 6 kV a transformatorului T_3 s-a legat la pămînt faza A, iar faza C a fost legată la bara de nul).

Pentru măsurătorile efectuate în sistemul 35 kV Bicaz, în stația S, avînd pe partea de 6 kV a transformatorului T_3 legată la pămînt faza A, iar la bara de nul faza C, din figurile 7 și 10 se vede că tensiunea străină aplicată neutrului a fost în fază cu tensiunea fazei A a rețelei.

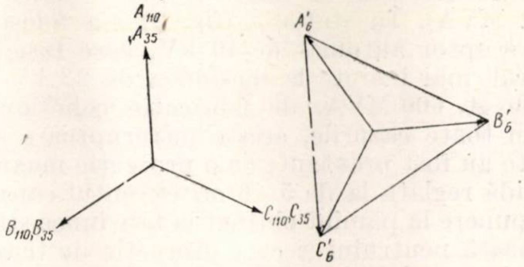


Fig. 9. Diagrama tensiunilor la măsurătorile din stația R.

Cînd s-a observat aceasta în timpul măsurătorilor, s-a renunțat la inversarea legăturilor între pămînt și bara de nul, deoarece legarea fazei A la bara de nul era practic greu de realizat, astfel că ar fi necesitat un timp mai mare pentru executarea legăturii, ceea ce ar fi făcut ca măsurătorile să nu se poată înscrie în timpul acordat pentru ele.

Corectarea situației prin aplicarea tensiunii între fazele B și C (fig. 10), cu punerea fazei

B la pămînt, necesita de asemenea un timp mai mare pentru realizare, deoarece trebuia executată legarea fazei B a întreruptorului automat I_1 la transformatorul T_3.

Aplicarea tensiunii străine la nulul transformatorului în fază cu una din tensiunile de fază ale rețelei de 35 kV nu a depășit 1,3 U_f pe aceasta din urmă, astfel că nu prezenta pericol pentru izolația rețelei.

În ultimele două cazuri a fost posibilă măsurarea exactă a componentelor reactive ale curenților capacitivi, de compensare și de punere la pămînt.

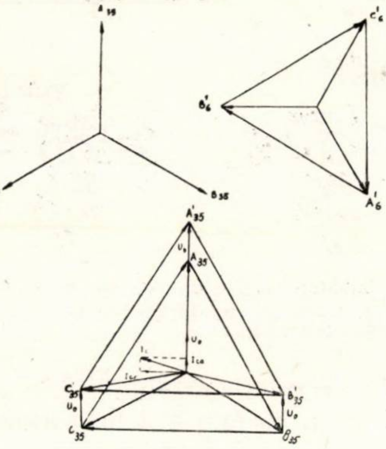


Fig. 10. Diagrama tensiunilor și curentului capacitiv de punere la pămînt la măsurătorile din stația S.

La măsurările efectuate în stațiile C și R (fig. 1), ca întreruptor automat I_1, în schema din figura 6, s-a folosit cîte un întreruptor automat de 35 kV de la o celulă de rezervă (MKП–35,600 A, 750 MVA), respectiv de la transformatorul de rezervă (IU – 35,600 A, 400 MVA). În stația S (fig. 2) s-a folosit un întreruptor automat de 10 kV, care fusese încercat mai înainte la tensiunea de 23 kV (CP, 2000 A, 600 MVA, de fabricație cehoslovacă).

În toate cazurile, aceste întreruptoare automate au fost prevăzute cu o protecție maximală rapidă reglată la de 5–6 ori curentul capacitiv de punere la pămînt obținut la tensiunea străină aplicată neutrului și cu o protecție de tensiune maximă reglată la 7 kV, ambele la timpul zero.

În nici unul dintre cele trei puncte de măsură nu s-a dispus de separatorul S_1 (fig. 6). În locul acestuia s-a folosit un separator de la barele de 0,4 kV, de la care se făcea alimentarea transformatorului T_3, separator care se afla la oarecare distanță față de locul unde se efectuau măsurătorile.

Conectarea și deconectarea bobinei de stingere la bara de nul s-au făcut prin legarea și desfacerea cordonului de legătură la aceasta din urmă. Acestea au condus la îngreuierea măsurătorilor.

Măsurarea tensiunii străine în gol s-a făcut prin aplicarea acesteia pe bara de nul, cînd la aceasta nu era conectată bobina de stingere, iar separatoarele S_2 și S_3 (fig. 6) erau deschise.

Ca transformator de curent TI_3 (fig. 6) a fost folosit un transformator de curent de 35 kV, la măsurătorile din stația R și S fiind folosite chiar transformatoarele de curent care se aflau montate pe coborîrea la pămînt a bobinei de stingere.

Transformatoarele de curent TI_1 și TI_2 folosite au fost pentru tensiunea de 0,5 kV.

Transformatoarele de tensiune TT_1 și TT_3 au avut raportul de transformare de 6/0,1 kV.

Conectarea la bara de nul a transformatorului de tensiune TT_3 s-a făcut cu o ștangă de manevră de 35 kV, în timp ce se făcea controlul izolației rețelei de 35 kV cu voltmetrele V_2 (fig. 6), persoana respectivă fiind echipată cu mănuși și cizme izolante.

Conectarea bobinei de stingere s-a făcut numai la nulul transformatorului T_2 prin închiderea separatorului S_2.

Pentru a cunoaște de la care faze se ia tensiunea pentru wattmetrele W_2, W_2' și W_2'', s-a stabilit concordanța fazelor între bornele de 6 kV ale transformatorului T_3 și barele de 35 kV (fig. 6), sau mai ușor, după aplicarea tensiunii străine pe neutru, s-a stabilit, cu ajutorul voltmetrelor V_2, care sînt cele două faze cărora le revine tensiunea cea mai mare (fig. 8 și 9) sau tensiunea cea mai mică (fig. 10).

Cu voltmetrul V_4 s-au măsurat tensiunea de nesimetrie și tensiunea de deplasare a neutrului; cu voltmetrele V_2 și V_3 s-a măsurat tensiunea pe fază și între faze a rețelei; cu voltmetrul V_1 — tensiunea străină aplicată neutrului, iar cu voltmetrul V_5 — tensiunea la înfășurarea secundară a bobinei de stingere.

Cu ampermetrul A_1 și wattmetrele W_1 și W_2 s-au măsurat curentul de compensare și componentele sale activă și reactivă, cu ampermetrul A_1' și wattmetrele W_1' și W_2' — curentul capacitiv de punere la pămînt cu componentele sale activă și reactivă, iar cu ampermetrul A_1'' și wattmetrele W_1'' și W_2'' — curentul de punere la pămînt și componentele sale activă și reactivă.

Pentru a măsura componenta activă a aceluiași curent care se măsoară la transformatoarele de curent TI_1 și TI_3, cînd la nulul transformatorului T_2 se află conectată numai bobina de stingere, la wattmetrele W_1 și W_1' se ia tensiunea de la transformatorul de tensiune TT_3 (fig. 6, liniile punctate), secundarul transformatorului de tensiune TT_3 deconectîndu-se de la schema de măsură.

Aparatele de măsură au fost montate în stațiile exterioare în care se aflau bobinele de stingere.

Cînd în asemenea stații sînt circuite secundare de rezervă, este bine ca ele să fie utilizate și aparatele de măsură să fie montate în camerele de comandă de unde, în acest caz, trebuie să se facă și comanda întreruptorului automat I_1 (fig. 6).

În literatură [20] este semnalat cazul creșterii tensiunii de deplasare a neutrului la de peste trei ori tensiunea aplicată acestuia, ca urmare a apropierii de rezonanță în circuitul format de reactanțele inductive prin care se asigură tensiunea străină și reactanța capacitivă a rețelei.

De aceea s-au făcut, în prealabil, prin calcule verificări în sensul celor de mai sus, pentru circuitele de alimentare cu tensiune străină adoptate și la diverse configurații ale rețelei de 35 kV, la care urma să se facă măsurători.

Nu au rezultat creșteri sensibile ale tensiunii de deplasare față de valoarea tensiunii străine în gol, astfel că nu se dau rezultatele acestor calcule.

În anexa IV se dă modul de calcul al tensiunii de deplasare a neutrului pentru circuitul de alimentare cu tensiune străină adoptat la măsurătorile din stația *C*.

6.3. *Ordinea manevrelor și a măsurătorilor*

Urmărind schema din figura 6, ordinea manevrelor și a măsurătorilor în cele trei stații de transformare în care s-au făcut măsurători a fost următoarea:

1. S-a separat galvanic de restul rețelei, pe sistemul II bare, transformatorul T_2, la nulul căruia era prevăzută conectarea bobinei de stingere, și pe rînd cîte o linie, fie singură, fie înseriată cu liniile la care deja se făcuseră măsurători.
2. S-a măsurat tensiunea de nesimetrie la nulul transformatorului T_2 cu transformatorul de tensiune TT_3 și voltmetrul V_4.
3. S-a conectat la nulul transformatorului T_2 bobina de stingere, după ce a fost comutată pe rînd pe ploturile ei, și s-a măsurat, în același mod ca la pct. 2, tensiunea de deplasare a neutrului.
4. S-a aplicat la nulul transformatorului T_2 tensiunea străină, după ce în unele cazuri s-a măsurat valoarea acesteia în gol.
5. S-au făcut citiri la aparatele care dau curenții capacitivi, de compensare și de punere la pămînt, cu componentele lor active și reactive, tensiunea pe neutru, tensiunea de fază și de linie a rețelei și tensiunea la înfășurarea secundară a bobinei de stingere.

Ultima schemă a rețelei la care s-au făcut măsurători a fost cea normală.

6.4. *Rezultatele măsurătorilor*

În anexele I și II se dau valorile curenților capacitivi de punere la pămînt (măsurate cu ampermetrul A_1' din fig. 6), iar în anexa *V* se dau valorile curenților bobinelor de stingere (măsurate cu ampermetrul A_1 din fig. 6), așa cum au rezultat la măsurători.

Dat fiind faptul că pentru bobina de stingere din stația *R* se măsuraseră la tensiunile de 6 kV curenții acesteia pe ploturile sale, în atelierul în care se reparase comutatorul de ploturi, în timpul măsurătorilor cu rețeaua, cînd s-a aplicat tensiunea străină pe neutru nu a mai fost nevoie ca bobina de stingere să fie comutată pe un anume plot, astfel ca să se obțină pînă la sfîrșitul măsurătorilor comutarea acesteia pe toate ploturile sale.

Prezența ei a fost necesară numai ca să micșoreze curentul la locul punerii la pămînt (TI_2, fig. 6).

Dacă această măsurătoare prealabilă a curenților bobinei de stingere pe ploturile sale nu ar fi fost efectuată, atunci în cadrul măsurătorilor ar fi trebuit să se procedeze astfel, atunci cînd s-a aplicat tensiunea străină pe neutru:

La măsurătoarea de la nr. 3, bobina de stingere trebuia comutată pe plotul nr. V (așa cum s-a și făcut), la cea de la nr. 6 — pe plotul IV (așa cum s-a și făcut), la cea de la nr. 9 — pe plotul III și II, la cea de la nr. 12 — pe plotul I, iar la cea de la nr. 15 — pe plotul V (așa cum s-a și făcut), în special , în acest din urmă caz, cu scopul de a verifica valoarea curentului dat de bobină pe plotul V.

Procedînd în modul acesta, s-ar fi ajuns ca bobina de stingere să fie comutată pe rînd pe fiecare plot al său, iar prin alegerea, ca mai sus, a ploturilor bobinei de stingere s-ar fi respectat și condiția ca la locul punerii la pămînt (TI_2, fig. 6) curentul de punere la pămînt să fie minim.

La măsurătorile făcute în stația *S*, pentru a crea o desfășurare mai simplă a măsurătorilor în scopul asigurării unei mai ușoare însușiri și respectări a măsurilor de securitate a personalului în condițiile existente (confirmarea separării vizibile a tensiunii de la partea de 0,4 kV a transformatorului T_3 se făcea de la distanță mare, iar comanda întreruptorului I_1 nu se făcea de la locul măsurării, în ambele cazuri lipsind legătura telefonică cu personalul care executa aceste operații), la aplicarea tensiunii străine pe neutru în diversele configurații ale rețelei se lăsa bobina de stingere pe plotul ultim, la care se măsurase tensiunea de deplasare a neutrului, măsurarea curenților bobinei de stingere pe toate ploturile sale făcîndu-se în schema legării galvanice a întregii rețele.

Acest fapt a făcut ca la locul punerii la pămînt curentul să nu fie cel mai mic posibil, deși chiar în această situație era destul de mic.

Menționăm că nu au existat neplăceri la comutarea întreruptorului I_1, decît la o închidere a acestuia la măsurătorile făcute în stația *R*, care au fost atribuite faptului constatat al dereglării închiderii contactelor sale.

Măsurarea tensiunii de deplasare a neutrului pe toate ploturile bobinei de stingere era necesară în ipoteza că se dorește să se compare valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt calculat, pe baza acesteia, cu cel măsurat.

Altfel era suficient ca măsurarea tensiunii de deplasare a neutrului să se facă pe ploturile bobinei ai cărei curenți nominali dau valori ce conduc la rezonanță sau supracompensare și subcompensare față de valoarea calculată a curentului capacitiv de punere la pămînt, ca apoi, după ce se cunosc valorile măsurate ale acestora și se stabilește gradul de dezacordare cel mai convenabil (pe unul din cele trei ploturi de mai sus), să se vadă dacă nu este nevoie să se facă transpoziția conductoarelor liniilor, astfel ca tensiunea de deplasare a neutrului să nu depășească 1,5% din tensiunea de fază a rețelei.

Din rezultatele obținute la măsurători a reieșit că valorile tensiunilor de nesimetrie nu depășesc 1,5% din tensiunea de fază a rețelei, valoare care se întîlnește în mod obișnuit la rețelele a căror transpoziție a conductoarelor se face pe barele stațiilor de transformare ca în sistemul 35 kV Bicaz și în cea mai mare parte și în sistemul 35 kV Comănești (fig. 11).

Valoarea acestei tensiuni a determinat, împreună cu valoarea tensiunii străine aplicate pe neutru, eroarea de metodă, aceasta fiind dată de raportul celor două tensiuni [19].

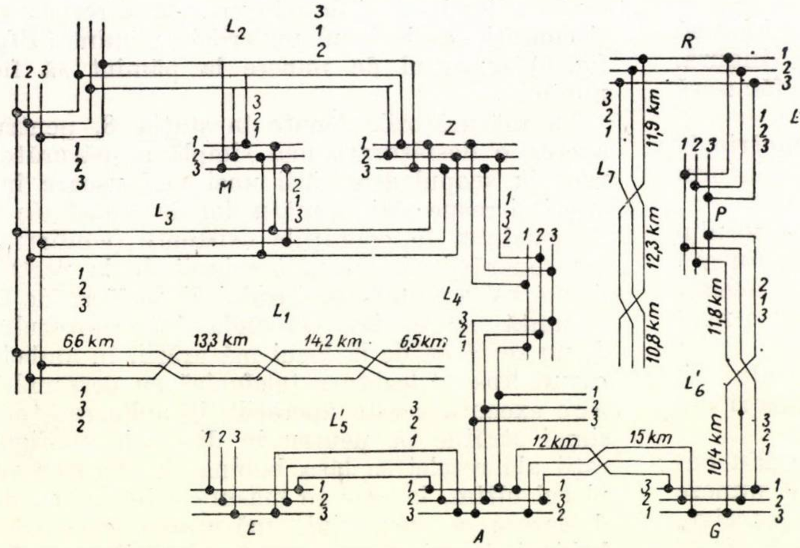


Fig. 11. Schema transpoziției conductoarelor în sistemul 35 kV Comănești.

Eroarea de metodă a variat în funcție de configurația rețelei la care s-au făcut măsurători între următoarele limite:

— La măsurătorile efectuate în stația R: $\pm 0{,}155\% - \pm 3{,}24\%$.

— La măsurătorile efectuate în stația C: $\pm 0{,}407\% - \pm 4{,}52\%$.

— La măsurătorile efectuate în stația S: $\pm 2{,}62\% - \pm 5{,}33\%$.

În ultimul caz eroarea cea mai mică s-a obținut la măsurătorile efectuate pentru întreaga rețea.

Dacă se ține seamă și de erorile aparatelor de măsură și ale transformatoarelor de curent și tensiune folosite la măsurători, eroarea totală a fost, respectiv, pînă la ± 5%, ±6% și ± 7% (adică de același ordin de mărime ca cel indicat în literatură [12]).

Pentru liniile și combinațiile de linii la care se realizează transpoziții, valorile tensiunilor de nesimetrie sînt mici (a se vedea și fig. 11).

De exemplu:

— 10 V pentru liniile $L_6' + L_6'' + L_7$
— 10 V pentru liniile $L_6'' + L_7$
— 23,5 V pentru linia L_1
— 120 V pentru liniile $L_1 + L_2 + L_3 + L_4$.

S-a observat că, chiar pentru valori ale tensiunii de nesimetrie care nu depășesc 1,5% din tensiunea de fază a rețelei, valoarea tensiunii de deplasare a neutrului în regimul normal de funcționare depășește valoarea admisă de 15% din tensiunea de fază a rețelei [12], cînd bobina de stingere este acordată la rezonanță sau în apropiere de rezonanță. De exemplu:

— Pentru liniile $L_5' + L_6' + L_6'' + L_7$ din sistemul 35 kV Comănești, cu tensiunea de nesimetrie 152,5 V tensiunea de deplasare a neutrului cînd bobina de stingere se află pe plotul IV (cel mai apropiat de rezonanță) este de 4 500 V.

— Pentru liniile $L_2 + L_3 + L_4$ din sistemul 35 kV Comănești, care au o tensiune de nesimetrie de 264 V, tensiunea de deplasare a neutrului este de 5400 V cînd bobina de stingere se află pe plotul nr. I, cel mai apropiat de rezonanță.

Rezultă că, acordînd bobina de stingere la rezonanță sau cît mai aproape de rezonanță, este necesar ca prin transpoziții potrivite ale conductoarelor liniilor să se micșoreze tensiunea de nesimetrie.

Trebuie observat că valoarea tensiunii de deplasare a neutrului depinde și de alura curbei sale. Din figura 12 se vede că pentru liniile $L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5'$ (fig. 1), deși ploturile III și IV ale bobinei de stingere se află la egală distanță față de axa care trece prin punctul de rezonanță (pentru $I_{c.\,m.s.} = 17{,}88$ A), valorile tensiunii de deplasare sînt cu mult diferite, respectiv de 4380 V și 1275 V.

Din acest punct de vedere, este avantajoasă ramura descendentă a curbei tensiunii de deplasare, adică tocmai acea ramură pe care trebuie fixată, în apropierea punctului de rezonanță, funcționarea bobinei de stingere. În anexele I și II se dau, așa cum s-a arătat, pentru comparație, pe lîngă valorile calculate ale curenților capacitivi specifici și totali de punere la pămînt, valorile măsurate ale acestor curenți și diferența lor față de valorile calculate. Valorile tuturor curenților sînt raportate la 35 kV.

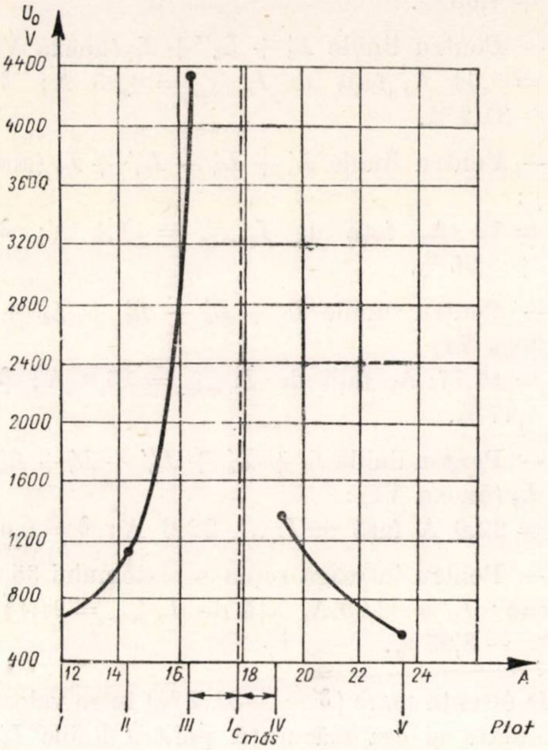


Fig. 12.

Valorile curenților capacitivi specifici rezultate din măsurători trebuie luate ca valori medii pentru linia respectivă, deoarece în multe cazuri racordurile din axul principal sînt executate pe alt tip de stîlpi decît acesta.

Reamintim că în valorile calculate ale curenților capacitivi de punere la pămînt s-a ținut seamă de capacitatea echipamentului din stațiile de transformare prin mărirea curentului liniilor cu 13 %.

Totalizarea valorilor curenților capacitivi de punere la pămînt s-a făcut neglijînd componenta activă a acestor curenți.

Din anexa I se vede că în sistemul 35 kV Comănești, pentru valorile curenților capacitivi de punere la pămînt stabiliți pe baza măsurătorilor, diferența față de valorile calculate este pentru cele mai multe linii de ordinul de mărime al erorilor totale făcute la măsurători.

Diferența mare pentru linia L_5'' se explică probabil prin diferențele care există între valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt rezultată din măsurători și cea luată în calcule după date de catalog pentru cablul existent în linie.

Diferențele se micșorează pentru rețeaua întreagă.

Avînd diferențe relativ mari între valorile calculate și cele măsurate ale curenților capacitivi de punere la pămînt, este greu de făcut aprecieri asupra mărimii cu care se poate considera capacitatea echipamentului stațiilor de transformare.

La aprecierea mărimii componentei active a curentului capacitiv de punere la pămînt trebuie să se țină seamă de erorile făcute la măsurare (în ziua în care s-au făcut măsurătorile, timpul era însorit, atmosfera fiind relativ uscată; zile de toamnă însorite).

Din comparația între valoarea calculată și cea măsurată pentru curentul capacitiv de punere la pămînt (anexa I) rezultă că alegerea puterii bobinelor de stingere pentru sistemul 35 kV Comănești pe baza curentului capacitiv de punere la pămînt calculat s-a făcut corect.

Pentru sistemul 35 kV Bicaz, din anexa II se vede că valorile curenților capacitivi de punere la pămînt stabiliți pe baza măsurătorilor diferă la liniile L_1, L_2 și L_3, față de valorile calculate, cu $+35{,}4\,\% \ldots +60\,\%$, iar la liniile $L_4 + L_5$ și L_6 cu, respectiv, $-7{,}2\,\%$ și $+8{,}27\,\%$. Pentru întreaga rețea, diferența este de $+21{,}7\,\%$.

Aceste diferențe mari între valorile calculate și cele măsurate ale curenților capacitivi de punere la pămînt se explică prin aceleași motive pe baza cărora, la paragraful 5, se recomandă ca alegerea puterii bobinei de stingere să se facă pe baza măsurării curentului capacitiv de punere la pămînt.

Diferența relativ mare dintre valoarea calculată și cea măsurată a curentului capacitiv de punere la pămînt în rețeaua de 35 kV Bicaz impune definitivarea alegerii puterii bobinei de stingere pe baza valorii acestuia din urmă.

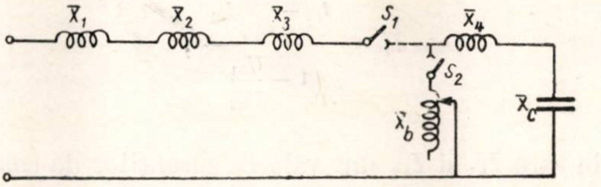


Fig. 13. Schema echivalentă a circuitelor de alimentare cu tensiune străină pe neutru la măsurătorile din stația C.

Conform anexei II, valoarea măsurată a curentului capacitiv de punere la pămînt pentru întreaga rețea este de 22,28 A (la tensiunea de 35 kV).

Extinderea rețelei, care este pe punctul de a se realiza, va avea un curent capacitiv de punere la pămînt de 4,2 A (anexa II).

Deci curentul capacitiv total de punere la pămînt va fi de 26,5 A (la tensiunea de 35 kV).

Ținînd seamă și de o rezervă de putere de 25 %, rezultă că ar fi necesară o bobină de stingere de 33 A.

Conform gamei puterilor în care se construiesc acestea, rezultă că în stația *S* trebuie montată o bobină de stingere de 1100 kVA, 35 kV, 25–50 A.

În anexa V se dau, după cum s-a mai arătat, spre comparație, valorile nominale ale curenților de compensare ai bobinelor de stingere, înscrise pe tăblițele lor, valorile acestora obținute din măsurători și diferența care a rezultat între valorile nominale și cele măsurate.

Se observă că aceste diferențe sînt sub limita preciziei de ± 10 %, cu care se dau de obicei, de către fabricile constructoare, mărimile curenților înscriși pe tăblița bobinelor de stingere.

La măsurătorile efectuate în stația *R*, în curentul de punere la pămînt au fost semnalate valori importante ale armonicelor superioare, ca urmare a variației în limite mari a sarcinii pe transformatoarele din această stație.

În anexa I se dau pentru acești curenți valorile care s-au obținut la citirile făcute în momentul scăderii sarcinii. Acest moment a fost apreciat după zgomotul transformatoarelor.

7. Calculul curentului capacitiv pe baza curbei tensiunii de deplasare a neutrului

În literatură [12] se arată că se poate calcula cu o eroare de ± 8–10 % curentul capacitiv de punere la pămînt al unei rețele pe baza curbei tensiunii de deplasare a neutrului, folosind relația:

$$I'_C = \frac{I_{b2} - \frac{U_{01}}{U_{02}} I_{b1}}{1 - \frac{U_{01}}{U_{02}}}, \qquad (7)$$

în care I_{b1} și I_{b2} sînt valorile curenților de compensare ai bobinelor de stingere din rețea înscrise pe tăblița lor, iar U_{01} și U_{02} sînt tensiunile de deplasare ale neutrului măsurate, corespunzătoare acestor curenți (a se vedea și [19]).

În scopul micșorării erorii se fac mai multe asemenea calcule, din care rezultă:

$$I_C = \frac{\sum\limits_{1}^{n} I'_C}{n}. \qquad (8)$$

Pe baza acestor relații s-au obținut următoarele:

– Pentru liniile $L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L'_5 + L'_6$ (fig. 1):
$I_C = 23{,}09$ A, față de $I_{c.\,măs.} = 22{,}07$ A; $\delta = +4{,}63\,\%$.

– Pentru liniile $L'_6 + L''_6 + L_7$ (anexa VI):
$I_C = 5{,}54$ A, față de $I_{c.\,măs.} = 8{,}05$ A; $\delta = -31{,}2\,\%$.

– Pentru liniile $L'_5 + L'_6 + L''_6 + L_7$ (anexa VI):
$I_C = 12$ A, față de $I_{c.\,măs.} = 11{,}4$ A; $\delta = +5{,}26\,\%$.

– Pentru liniile $L_4 + L'_5 + L'_6 + L''_6 + L_7$ (anexa VI):
$I_C = 16{,}77$ A, față de $I_{c.\,măs.} = 15{,}9$ A; $\delta = 5{,}47\,\%$.

– Pentru liniile $L_4 + L'_5 + L''_5 + L'_6 + L''_6 + L_7$ (anexa VI):
$I_C = 22{,}6$ A față de $I_{c.\,măs.}$ $22{,}6$ A; $\delta = 0{,}0\,\%$.

– Pentru întreaga rețea a sistemului 35 kV Bicaz: $I_C = 22{,}29$ A, față de $I_{c.\,măs.} = 24{,}48$ A; $\delta = -8{,}95\,\%$.

Diferența mare ($\delta = -31{,}2\,\%$) între valoarea calculată și cea măsurată pentru liniile $L'_6 + L''_6 + L_7$ se explică prin eroarea care s-a făcut la măsurarea tensiunii de deplasare a neutrului, care, avînd o valoare mică, s-a măsurat direct cu voltmetrul, a cărui impedanță mică a modificat valoarea reală a tensiunii de deplasare (a se vedea și relația 11 din [19]).

Cu această observație și ținînd seamă de erorile făcute la măsurarea curentului capacitiv, se poate spune că în cazul cel mai dezavantajos (cînd erorile se însumează aritmetic), eroarea cu care se calculează curentul capacitiv de punere la pămînt pe baza curbei tensiunii de deplasare, chiar în cazul existenței în rețea a unei singure bobine de stingere, este de ordinul de mărime menționat mai sus.

Precizia acestor măsurători poate fi considerată satisfăcătoare pentru liniile a căror separare în exploatare se întîmplă rar, sau al căror curent capacitiv de punere la pămînt este mai mic decît valoarea cea mai mică a curentului dat de bobina de stingere, în ambele situații fiind necesară prezența bobinei de stingere (curentul capacitiv de punere la pămînt depășind 3–5 A).

ANEXA I

Valorile curenților capacitivi de punere la pămînt în sistemul 35 kV Comănești

Nr. crt.	Lungimea, km	Nr. și secțiunea conductoarelor active	Nr. și secțiunea conductoarelor de protecție	Curentul capacitiv				
				calculat		măsurat		
							total	
				specific, A/km	total, A	specific A/km	A	diferența față de valoarea calculată, %
				Situația existentă				
	Linia L_1							
1	42,4	3×95 Ol–Al	1×35 Ol	0,117	4,955			
2	3,8	3×50 Ol–Al	2×35 Ol	0,128	0,486			
3	2	3×50 Ol–Al	1×35 Ol	0,107	0,214			
	48,2				5,655	0,123	5,94	+5,05
	Linia L_2							
4	3,5	3×95 Ol–Al	2×35 Ol	0,131	0,448			
5	17,6	3×50 Cu	2×35 Ol	0,131	2,294			
	21,1				2,742	0,122	2,58	–5,98
	Linia L_3							
6	16,0	3×96 Ol–Al	2×35 Ol	0,131	2,09			
7	3,0	3×50 Ol–Al	1×35 Ol	0,107	0,321			
	19,0				2,411	0,136	2,58	+7,01

NOTĂ. În mod identic s-a completat tabela pentru restul liniilor și pentru situația în viitor.

ANEXA II

Valorile curenților capacitivi de punere la pămînt în sistemul 35 kV Bicaz

Nt. crt.	Lungimea, km	Nr. și secțiunea conductoarelor active	Nr. și secțiunea conductoarelor de protecție	Curentul capacitiv			
				calculat		măsurat – total	
				specific, A/km	total, A	A	diferența față de valoarea calculată %
				Situația existentă			
	Linia L_1						
1	14,6	3×50 Cu	1×35 Ol	0,103	1,5		
2	0,167	3×185 Cu	–	5,2	0,87		
	14,767				2,37	3,51	+48,1
	Linia L_2						
3	5,5	3×70 Al–Ol	1×35 Ol	0,105	0,578		
4	10,5	3×50 Cu	1×35 Ol	0,103	1,08		
5	0,18	3×185 Cu	–	5,2	0,935		
	16,18				2,593	3,51	+35,4
	Linia L_3						
6	13,4	3×185 Ol–Al	1×50 Ol	0,046	0,616		
7	6,2	3× 95 Ol–Al	–	0,095	0,589		
8	1,2	3× 95 Ol–Al	1×35 Ol	0,095	0,104		
9	0,17	3×185 Cu	–	5,2	0,885		
	20,97				2,194	3,51	+60,0

NOTĂ. În mod identic s-a completat tabela pentru restul liniilor și pentru situația în viitor.

Valori ale supratensiunilor prelungite în sistemul 35 kV Comănești

Nr. crt.	Ipoteza de calcul		Locul și mărimea sarcinii care se deconectează în timpul punerii la pămînt a unei faze	Valoarea supratensiunii U_p	Tensiunea remanentă (între faze)	
					pe partea generatorului	pe partea rețelei
				unități relative	unități relative	unități relative
1	Schema I	Varianta 1	Stația P : 1,56 MW Linia L_1 în stația B : 4,41 MW	2,185	—	—
2		Varianta 2	Idem	2,19	—	—
3		Varianta 3 *	Idem	2,20	1,81	1,80
4	Schema II	Varianta 1		1,89	—	—
5		Varianta 2		1,95	—	—
6	Schema III	Varianta 1	Stația M : 2,92 MW Stația Z : 4 MW Linia L_1 în stația B : 0,6 MW	2,30	1,73	1,73
7		Varianta 2	Stația Z : 4 MW Linia L_1 în stația B : 0,6 MW	2,22	1,73	1,73
8		Varianta 3	Stația M : 2,92 MW Linia L_1 în stația B : 0,6 MW	2,178	1,73	1,73
9		Varianta 4	Linia L_1 în stația B : 0,6 MW	1,89	1,73	1,73

* Tensiunea între faze pe partea generatorului în unități relative : $U_{12} = 1{,}82$; $U_{23} = 1{,}81$; $U_{31} = 1{,}75$.

ANEXA IV

Calculul tensiunii de deplasare a neutrului cînd acestuia i se aplică o tensiune străină

Pentru exemplificarea modului de calcul se ia ca circuit pentru alimentarea cu tensiune străină cel din figura 7,*a* (adică cel adoptat la măsurătorile efectuate în stația *C*), schema echivalentă a circuitului care se formează atunci cînd aceasta se aplică neutrului rețelei fiind cea din figura 13.

După [20], valoarea tensiunii străine care trebuie aplicată neutrului, U_{gol}, astfel ca tensiunea de deplasare a neutrului, U_0, să nu depășească o anumită valoare stabilită, este dată, pentru cazul din figura 13, de relația :

$$U_{gol} = U_0\left(1 - \frac{X_1 + X_2 + X_3}{|\,\overline{X}_4 + \overline{X}_c\,|}\right) \qquad (9)$$

sau de relația :

$$U_{gol} = U_0\left(1 - \frac{X_1 + X_2 + X_3}{\left|\dfrac{\overline{X}_b(\overline{X}_4 + \overline{X}_c)}{\overline{X}_b + \overline{X}_4 + \overline{X}_c}\right|}\right) \qquad (10)$$

după cum la neutrul transformatorului T_2 (fig. 6) nu se conectează, sau se conectează bobina de stingere.

Pentru U_0 se recomandă o valoare egală cu 0,3 U_f [19].

ANEXA V

Caracteristicile bobinelor de stingere și valorile măsurate ale curenților acestora

Nr. crt.	Plotul	Curentul			Diferența față de valoarea nominală, %
		Nominal, A	Măsurat		
			efectiv, A	recalculat la U_n bobină, A	
Bobina de stingere din stația R : fabricație „Electroputere” — Craiova, 555 kVA, 22,2 kV, 10,7/18,6 A					
1	I	18,6	5,1	17,89	−3,82
2	II	15,8	4,4	15,35	−2,85
3	III	13,95	3,84	13,40	−3,94
4	IV	12,2	3,34	11,7	−4,10
5	V	10,7	2,96	10,2	−3,74

NOTĂ. Analog s-au calculat valorile și pentru bobine tip ZROM 550/35, 500/250 kVA, 35 kV, 25/12,5 A și de fabricație „Electroputere”—Craiova, 555 kVA, 22,2 kV, 10,7/18,6 A.

ANEXA VI

Rezultatele măsurătorilor efectuate în sistemul 35 kV Comănești. Măsurători efectuate în stația *R*

Nr. crt.	Regimul	Tensiunea pe barele de 35 kV						Datele bobinei		Tensiunea de nesimetrie	Tensiunea străină în gol	Tensiunea de deplasare	Curent capacitiv [1]			Curent de compensare [2]			Curent de punere la pămînt [3]		
		pe fază [4]			între faze			nr. plot	curent nominal				total	componente		total	componente		total	componente	
		A	*B*	*C*	*AB*	*BC*	*CA*							activă	reactivă		activă	reactivă		activă	reactivă
		kV	kV	kV	kV	kV	kV		A	V	V	V	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	I. **Linia** $L_6' + L_6'' + L_7$																				
1	Regim normal fără bobină	—	—	—	—	—	—	—	—	10											
2	Regim normal cu bobină	21,5	21,5	21,5	37,6	37,4	37,3	I	18,6			12,5									
		21,5	21,5	21,5	37,65	37,50	37,3	II	15,8			17,5									
		21,3	21,3	21,4	37,65	37,3	36,95	III	13,95			20,0									
		21,5	21,5	21,5	37,65	37,50	37,3	IV	12,2			27,5									
		21,5	21,4	21,6	37,6	37,4	37,3	V	10,7			32,5									
3	Regim cu bobină și tensiune străină												2,45	0,302	2,34	3,0	0,028	2,9	0,7	0,084	0,435
		25,27	15,33	25,62	37,8	37,65	37,65	V				6450	8,05	0,99	7,7	9,85	0,092	9,5	2,3	0,273	1,43
													7,68	0,945	7,34						

[1] Cifra de sus indică valoarea măsurată a curentului capacitiv, cea din mijloc valoarea raportată la tensiunea nominală a bobinei de stingere (22,2 kV), cea de jos indică valoarea raportată la tensiunea nominală de fază a rețelei (20,2 kV). [2] Cifra de sus indică valoarea măsurată a curentului de compensare, cifra de jos indică valoarea raportată la tensiunea nominală a bobinei, de 22,2 kV. [3] Cifra de sus indică valoarea măsurată a curentului de punere la pămînt, cifra de jos indică valoarea raportată la tensiunea nominală a bobinei de 22,2 kV. [4] Dacă se compară tensiunea pe faze cu diagrama din figura 9, trebuie să se țină seamă de faptul că sensul de rotație al cîmpului în rețeaua de 35 kV și la bornele de 6 kV ale transformatorului T_3 (fig. 6 și 7.*b*) erau diferite. NOTĂ. În mod identic s-au calculat valorile pentru restul liniilor.

Bibliografie

[1] Ministerul Industriei Grele, Direcția Generală a Energiei Electrice. *Prescripții de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice*, ediția a II-a, 1960.

[2] Ministerul Minelor și Energiei Electrice, Departamentul Energiei Electrice. *Prescripții pentru protecția contra supratensiunilor a instalațiilor electrice cu tensiunea peste 1000 V*, ediția a III-a, 1961.

[3] Zickman, M. și Vasilescu, P. *Tratarea neutrului unei rețele de 65 kV*. Energetica nr. 4, 1958, p. 175–186.

[4] Dimo, P. *Cauza supratensiunilor prelungite în rețelele cu neutrul izolat*. Studii și cercetări de energetică anul III (1953), p. 15–95.

[5] Manea, F. *Verificarea prin calcul a supratensiunilor prelungite posibile, în ipoteza rezonanței pentru rețelele cu neutrul izolat*. Studii și cercetări de energetică, anul III (1953), p. 97–125.

[6] Dimo, P., Arie, E., Manea, F. și Ionescu, S. *Verificări experimentale și precizări în problema supratensiunilor prelungite constatate la rețelele de înaltă tensiune cu neutrul izolat*. Studii și cercetări de energetică, anul V, nr. 3–4 (1955), p. 435–465.

[7] Dimo, P. *Cauza supratensiunilor prelungite în rețelele cu neutrul izolat*. Energetica nr. 11, 1953, p. 26–31.

[8] Manea, F. *Exemplu de calcul al supratensiunii prelungite*. Energetica nr. 11, 1953, p. 31–32.

[9] Dimo, P., Arie, E.,Manea, F. și Ionescu, S. *Supratensiuni prelungite în rețelele de înaltă tensiune*. Revista de Electrotehnică și Energetică, Editura Academiei R.P.R. Vol. I, nr. 2, 1956.

[10] Dimo, P., Arie, E., Manea, F., Ionescu, S. și Nicolae, P. *Tratarea neutrului rețelelor de înaltă tensiune pentru evitarea supratensiunilor prelungite*. Editura Academiei R.P.R., 1960.

[11] Martac, D. și Bensimon, A. *Determinări experimentale ale curentului de punere la pămînt într-o rețea electrică de 35 kV și compararea rezultatelor experimentale cu rezultatele calculului*. Energetica nr. 12, 1958.

[12] Lihaciov, F. A. *Alegerea, instalarea și exploatarea aparatelor de stingere*. G.E.I. Moscova — Leningrad, 1955.

[13] Lihaciov, F. A. *Măsurarea curenților capacitivi și a curenților de punere la pămînt în rețelele cu punctele neutre izolate și cu bobine de stingere a arcului* (traducere din limba rusă) Elektriceskie stanții nr. 3, 1955.

[14] Groza, L. *Alegerea caracteristicilor și funcționarea bobinelor de stingere*. Energetica nr. 2, 1956.

[15] STAS 832–49, p. 4.

[16] Willheim, R. și Waters, M. *Legarea la pămînt a neutrului rețelelor de înaltă tensiune* (traducere din limba engleză în limba rusă). G.E.I. Moscova — Leningrad, 1959.

[17] Sirotinski, L. I. *Tehnica tensiunilor înalte*. Partea a 3-a, ediția I, G.E.I. Moscova — Leningrad, 1959.

[18] Beliakov, N. N. *Studierea supratensiunii datorită arcului de punere la pămînt în rețelele de 6 și 10 kV cu neutrul izolat* (traducere din limba rusă). Elektricestvo nr. 5, 1957.

[19] Ionașcu, Gh. *Măsurători în rețelele cu neutrul izolat și compensat prin bobine de stingere*. Energetica nr. 8, 1962.

[20] Slodarj, I. M. *Măsurarea curentului capacitiv de punere la pămînt în rețelele cu neutrul izolat* (în limba rusă). Elektriceskie stanții nr. 4, 1960.

Uleiurile izolante şi exploatarea transformatoarelor de mare putere

Ing. *IOAN SABĂU*

Dezvoltarea impetuoasă a industriei energetice din ţara noastră este rodul muncii pline de entuziasm a constructorilor din acest sector, care lucrează sub conducerea hotărîtă a partidului şi guvernului. Pentru a fi la înălţimea performanţelor realizate de constructori, personalul din exploatare trebuie să pună în valoare ultimele cuceriri ale tehnicii noi, în vederea funcţionării corecte şi economice a agregatelor.

Faptul că în ultimii ani liniile de transport se construiesc pentru tensiuni tot mai ridicate, iar numărul transformatoarelor de mare putere din sistemul energetic este în continuă creştere ridică probleme noi şi pentru laboratoarele chimice care controlează calitatea uleiurilor izolante.

Amploarea cercetărilor care s-au efectuat asupra materialelor dielectrice în ultimele două decenii dovedeşte importanţa ce li se acordă în tehnica tensiunilor înalte.

În practica exploatării, rezultatele acestor cercetări sînt încă puţin cunoscute şi aprecierea calităţilor uleiului se face deseori în baza unor criterii care nu satisfac pe deplin cerinţele prezentului.

Împrejurările menţionate pretind o cercetare mai atentă a caracteristicilor fizico-chimice ale uleiului, deoarece alterarea lui în transformatoarele de mare putere se remediază în condiţii mult mai dificile şi costisitoare decît la transformatoarele mici.

Pentru a preveni eventuale defecţiuni, instrucţiunile în vigoare precizează caracteristicile obligatorii ale uleiurilor izolante din exploatare, şi pe măsură ce exigenţele cresc, prevederile normelor devin tot mai severe.

Astfel, ediţia a II-a PET pretinde, pe lîngă caracteristicile cerute anterior, şi determinarea pierderilor dielectrice la 20 şi la 70°C, stabilind valori-limită pentru uleiul nou, cel recondiţionat şi cel din exploatare.

Normele sînt destinate să protejeze transformatoarele împotriva deranjamentelor ce ar putea fi cauzate sau favorizate de calităţile necorespunzătoare ale uleiului, fără să precizeze însă ce condiţii de calitate sînt necesare pentru ca alterarea lui să nu poată constitui o surpriză în timpul exploatării.

Publicaţii din ţară apărute recent [1] [2] au semnalat cazuri cînd măsurătorile profilactice efectuate la transformatoare de 20 MVA au dat rezultate necorespunzătoare numai după 2—3 ani de la punerea lor în funcţiune.

Cercetări care, ulterior, au fost confirmate în practică au stabilit că printre cauzele care determină înrăutăţirea rezistenţei de izolaţie şi creşterea pierderilor dielectrice la transformatoare se numără şi alterarea uleiului.

Pentru a controla modificările pe care le suferă uleiul în timpul exploatării, practica de laborator a demonstrat că este necesară adoptarea unor noi procedee de analiză, capabile să ofere indicaţii cu privire la acele însuşiri care afectează în primul rînd stabilitatea proprietăţilor sale dielectrice.

Caracteristicile fizico-chimice ale uleiurilor furnizate actualmente de rafinării sînt standardizate, şi se poate afirma că furnizorii respectă în mod riguros condiţiile impuse de STAS 811-61.

Totuşi, după cum s-a amintit, există cazuri cînd după o scurtă perioadă de exploatare proprietăţile dielectrice ale uleiului se înrăutăţesc în aşa măsură, încît trebuie schimbat [ ], [3].

Fenomenul este cunoscut şi se explică prin formarea substanţelor polare de oxidare, a căror prezenţă, chiar în cantităţi infime, determină creşterea masivă a pierderilor dielectrice şi concomitent înrăutăţirea rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor transformatorului.

Se pare deci că stabilitatea chimică a uleiurilor lasă uneori de dorit, în ciuda faptului că proba de alterare după Kissling dă cele mai bune rezultate. Cauzele acestei anomalii au fost determinate folosind cromatografia în strat subţire la analiza probelor de ulei supuse alterării forţate. Rezultatele obţinute au dus la următoarele constatări :

1. În primele 72 ore ale probei de alterare se formează numai produse neutre de oxidare, dar cu un pronunţat caracter polar, care pot fi cu greu puse în evidenţă prin metode chimice.

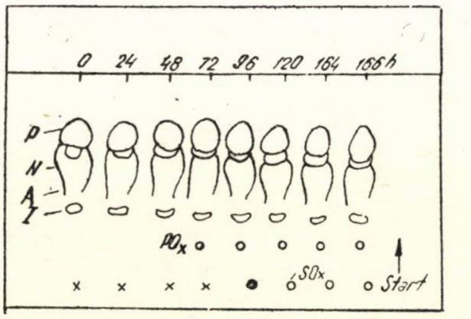


Fig. 1. Cromatograma unui ulei în timpul probei de alterare. Produsele acide apar abia după 120 ore (după E. Rey) : P – parafine: N – naftene; A – aromate; I – inhibitori naturali; p_{ox} – produse polare; s_{ox} – produse acide.

2. Produsele de oxidare acide se formează abia după trecerea primelor 120 ore de la începerea probei.

Cromatograma din figura 1 ilustrează în mod elocvent evoluţia fenomenului.

Analiza cromatografică în strat subţire constituie o metodă de laborator simplă şi rapidă, capabilă să ofere indicaţii preţioase nu numai cu privire la modificările pe care le suferă uleiul în decursul timpului, ci şi relativ la prezenţa inhibitorilor artificiali din ulei, care se adaugă pentru îmbunătăţirea stabilităţii lor chimice.

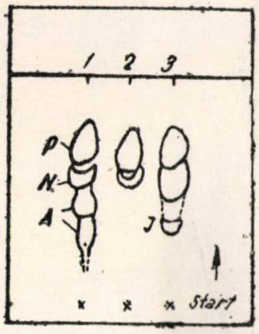


Fig. 2. Cromatograma unor uleiuri avînd compoziţie chimică diferită :

1 — bogat în aromate; *2* — fără aromate; *3* — cu adaos de inhibitori.

Utilizarea metodei la uleiurile izolante este descrisă de E. Rey [4]. În cele ce urmează se va da numai o succintă prezentare a principiilor de bază.

Fracţiunile componente dintr-o picătură de ulei, aşezate pe o placă de sticlă, prevăzută cu un strat de silicagel în grosime de 0,3 mm, migrează cu viteze diferite sub acţiunea unui solvent nepolar, care umezeşte progresiv suprafaţa plăcii

Pulverizînd stratul de silicagel cu o soluţie de pentaclorură de stibiu, componenţa picăturii este pusă în evidenţă prin apariţia unor pete de culoare şi mărime diferite. Comparînd rezultatele obţinute cu cromatograma unor uleiuri de compoziţie cunoscută, se pot trage concluzii cu privire la originea uleiului, la impurităţile dizolvate pe care le conţine, la urmărirea îmbătrînirii naturale sau artificiale şi la acţiunea adsorbanţilor cu ocazia regenerării uleiurilor uzate.

Analiza cromatografică constituie şi un mijloc de caracterizare a uleiurilor izolante, care, după structura lor chimică, se împart în trei mari clase, şi anume : parafinice, naftenice (cicloparafine) şi aromatice.

Proporţia hidrocarburilor componente variază în funcţie de natura ţiţeiului din care a fost fabricat uleiul şi de procesul tehnologic utilizat.

Este un fapt binecunoscut că uleiurile cele mai rezistente faţă de acţiunea oxigenului atmosferic sînt cele bogate în fracţiuni aromatice, apoi cele naftenice şi la urmă se plasează cele parafinice, care se oxidează relativ uşor.

Totuşi, determinările de laborator, cerute de standarde sau norme de exploatare, nu pretind precizarea caracterului predominant al uleiurilor izolante, deşi acest lucru se poate face simplu şi rapid folosind una dintre următoarele două metode de analiză :

— determinarea punctului de anilină ;
— determinarea indicelui de refracţie.

Punctul de anilină reprezintă temperatura critică de solubilitate reciprocă a două cantităţi egale de ulei şi anilină. Determinarea necesită un utilaj foarte simplu şi se execută conform STAS 178 — 49.

Faptul că această caracteristică este o mărime aditivă şi că valorile sale variază între 60 — 90°C la parafine, 20 — 40°C la naftene şi sub 0°C la aromate face posibilă determinarea grosieră a caracterului parafinic sau naftenic al unui ulei.

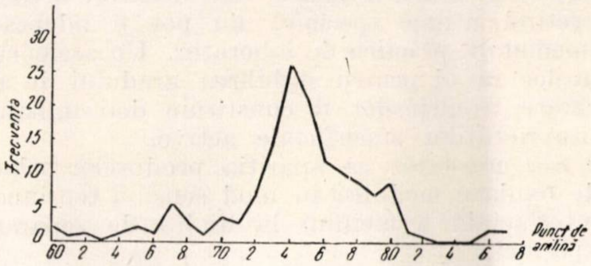


Fig. 3. Frecvenţa valorilor punctului de anilină la un lot de 150 probe recoltate din transformatoare aflate în exploatare.

Urmărind punctul de anilină al uleiurilor din transformatoare, s-a constatat că, în general, valoarea sa oscilează între 72 şi 76°C, spre deosebire de întrerupătoare, unde s-au înregistrat valori mai mici, situate între 60 şi 65°C.

Din figura 3 rezultă că, la un lot format din 150 probe, 50% din valorile găsite pentru punctul de anilină s-au plasat între 72 şi 76°C, 30% între 77 şi 87°C, iar restul de 20% între 60 şi 71°C.

Trebuie menţionat faptul că zona de maxim tinde să se deplaseze spre dreapta, deoarece în ultimul timp rafinăriile furnizează îndeosebi uleiuri parafinice cu punctul de anilină în jur de 80°C.

Indicele de refracţie se determină cu mare precizie şi rapid, însă necesită un utilaj mai pretenţios, de care dispun doar laboratoarele bine înzestrate. Valoarea lui variază între 1,470 şi 1,520 şi dă indicaţii foarte preţioase cu privire la compoziţia chimică a uleiurilor.

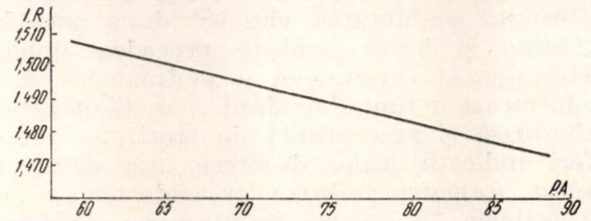


Fig. 4. Variaţia punctului de anilină şi a indicelui de refracţie.

Un indice de refracţie mare, în jur de 1,500, denotă preponderenţa naftenelor sau prezenţa aromatelor, deci o bună stabilitate chimică, pe cînd o valoare mică, în jur de 1,470, reflectă caracterul parafinic al uleiului.

Este interesant de relevat că indicele de refracție variază practic liniar cu punctul de anilină, lucru care permite verificarea indicațiilor obținute prin cele două metode.

Se pot obține indicații prețioase cu privire la compoziția sau stadiul de îmbătrînire a uleiurilor și prin alte mijloace, dar, deoarece acestea pretind utilaje speciale, nu pot fi adoptate imediat în practica de laborator. Un asemenea mijloc rapid pentru stabilirea gradului de alterare a uleiurilor îl constituie determinarea proprietăților superficiale active.

S-a constatat că apariția produselor polare de oxidare modifică în mod sensibil tensiunea interfacială a uleiului la limita de separare apă-ulei.

După [5], mărimea care se utilizează drept indiciu al stadiului de îmbătrînire este diferența dintre tensiunea superficială apă — aer (circa 78,5 dyne/cm) și suma tensiunii superficiale ulei-apă (circa 33 dyne/cm) și a tensiunii interfaciale apă-ulei, determinate cu tensiometrul Lecomte Du Nouy [5].

În practica unor țări cu industrie energetică dezvoltată, metoda măsurării forțelor interfaciale se utilizează în mod curent, sub denumirea de proba IFT [3], [5], [6]. Conform acestor norme, uleiul se consideră bun dacă proba IFT prezintă valori între 45 și 50 dyne/cm. Rezultate care se apropie de 20 dyne/cm indică începutul procesului de apariție a produselor de oxidare, deci alterarea proprietăților dielectrice.

Determinarea spectrelor de absorbție în ultraviolet și infraroșu constituie un alt mijloc de identificare a componenților uleiului, dar, ținînd seamă de costul ridicat al unui spectrograf, metoda este accesibilă doar laboratoarelor de cercetări.

Rezultatele obținute prin adoptarea metodelor de analiză menționate oferă o imagine mai completă a calităților pe care le posedă un ulei, dar pentru caracterizarea corectă a stabilității sale chimice este indispensabilă proba de alterare.

STAS 118—49 cuprinde condițiile în care se determină stabilitatea chimică după metoda Kissling și TES. Ambele procedee impun determinarea cantitativă a gudroanelor care se formează în timpul oxidării. Această operație, laborioasă și susceptibilă de erori, nu poate oferi indicații utile, deoarece, așa cum s-a arătat, formarea gudroanelor acide nu are loc în primele 72 ore de la începerea oxidării.

Procedeul care poate pune în evidență cu suficientă precizie modificările suferite de calitatea uleiului în timpul probei de alterare este determinarea pierderilor sale dielectrice înainte și după oxidare.

Figura 5 ilustrează modificarea pe care o suferă curba pierderilor dielectrice atunci cînd uleiul este supus la proba de alterare.

Datorită faptului că proba de alterare după Kissling sau TES durează mult, necesită supraveghere continuă și furnizează indicații puțin concludente, nu a fost practicată pe scară largă în cadrul laboratoarelor chimice din sectorul energetic.

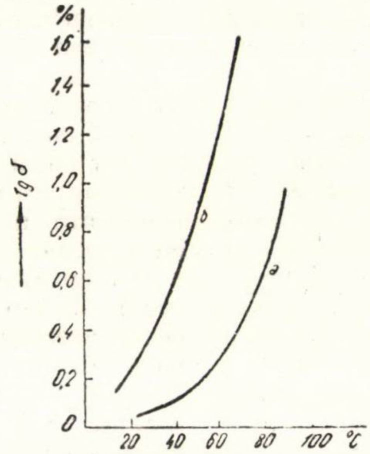


Fig. 5. Pierderile dielectrice ale uleiului: *a* — înainte de proba de alterare; *b* — după proba de alterare.

Pe viitor, este, însă, necesar ca uleiul pentru umplerea sau completarea unui transformator de mare putere să aibă caracteristici bine cunoscute. Acest lucru impune efectuarea probei de alterare, precum și determinarea celorlalte caracteristici fizico-chimice.

Necesitatea de a determina în laborator cu suficientă precizie caracteristicile uleiurilor izolante se impune și din considerentul că în prezent STAS 811 — 61 prevede existența a patru tipuri de ulei. Amestecarea sorturilor diferite de ulei trebuie evitată din două motive:

— caracteristicile fizico-chimice, care asigură uleiului însușiri corespunzătoare, diferă de la transformatoare la întrerupătoare;

— se modifică stabilitatea lor chimică.

După cum s-a amintit, punctul de anilină al probelor de ulei recoltate din întrerupătoare este mai scăzut decît al probelor luate din transformatoare. Această diferențiere corespunde cu prevederile teoretice care recomandă pentru întrerupătoare uleiuri bogate în hidrocarburi aromate, deoarece ele se comportă mai bine față de acțiunea arcului electric decît uleiurile parafinice [5].

La determinarea rigidității dielectrice se poate observa cu ușurință ce cantitate mare de cărbune în suspensie se formează la un ulei cu punctul de anilină 80°C, în comparație cu unul avînd numai 65°C.

Identificarea celor patru sorturi de ulei standardizate este relativ dificilă, deoarece viscozitatea maximă diferă doar cu 0,5°E și singura caracteristică ce variază în mod sensibil este punctul de congelare, a cărui determinare nu este cerută de analizele prevăzute în norme sau instrucţiuni.

Completarea metodelor de analiză folosite cu alte determinări capabile să precizeze apartenenţa sortului de ulei şi să determine calităţile sale esenţiale va duce la îmbogăţirea cunoştinţelor necesare în acest domeniu şi la posibilitatea de a urmări în timp comportarea uleiurilor izolante noi, recondiţionate, amestecate sau regenerate.

Actualmente executarea analizelor chimice pe care le pretind normele în vigoare constituie pentru inginerii electricieni o sarcină ce corespunde numai cu îndeplinirea unei formalităţi. Imediat ce buletinul de analiză privind calitatea uleiului va cuprinde elemente capabile să ofere informaţii utile privind comportarea lui în viitor, va deveni un document care va trezi interesul celor ce sînt răspunzători pentru funcţionarea sigură şi economică a echipamentului electroenergetic.

Adoptarea pe scară largă a metodelor de analiză amintite constituie o condiţie esenţială pentru utilizarea inhibitorilor artificiali în vederea îmbunătăţirii stabilităţii chimice a uleiurilor de calitate inferioară.

Din cele expuse rezultă că, folosind posibilităţile pe care le oferă prezentul, laboratoarele chimice din sectorul energetic pot contribui în mod substanţial la îmbunătăţirea exploatării transformatoarelor de mare putere din sistem.

Concluzii

Pentru ca informaţiile pe care le furnizează laboratoarele chimice cu privire la calităţile uleiurilor izolante să devină utile, este necesară o nouă orientare în ce priveşte controlul analitic al proprietăţilor fizico-chimice.

— Metodele de analiză care trebuie introduse sînt : cromatografia în strat subţire, proba de alterare modificată, determinarea punctului de anilină, a indicelui de refracţie, a tensiunii superficiale şi a spectrelor de absorbţie în ultraviolet şi infraroşu.

— Utilizînd metode noi de investigaţie, va fi posibilă identificarea precisă a sorturilor de ulei, fapt care va permite să se evite amestecarea uleiurilor şi introducerea uleiurilor necorespunzătoare în agregate.

— Urmărind modificările pe care le suferă uleiul în exploatare, se vor crea premise necesare pentru introducerea metodelor moderne de protecţie contra oxigenului atmosferic, folosind adaosuri de inhibitori sau umplerea conservatoarelor cu azot.

Bibliografie

[1] Segall, H. *Cercetări cu privire la micşorarea pierderilor dielectrice ale uleiului de transformator.* Bucureşti, IDT, 1959.

[2] Toma, L. *Observaţii în legătură cu influenţa proprietăţilor uleiului asupra rezistenţei de izolaţie a transformatoarelor.* Energetica, nr. 12/1959.

[3] Segall, H. *Metode de întreţinere în exploatare a uleiului de transformator.* Bucureşti, IDT, 1962.

[4] Rey, E. *Metode simple pentru determinarea inhibitorilor şi altor componente importante în uleiurile izolante.* ETZ, seria B, nr. 11, 1961.

[5] Roth, A. *Tehnica tensiunilor înalte.* Ediţia a IV-a, Editura Springer, Viena, 1959.

[6] Mozes, G. şi Cosăceanu, L. *Studiul stabilităţii uleiului de transformator.* Electrotehnica, nr. 9/1957.

Proiectarea tehnologică a răcitoarelor şi condensatoarelor cu aer pentru industria petrolieră

Ing. *D. DOBRINESCU* şi ing. *S. APOLZAN*

1. Tipurile de răcitoare şi condensatoare cu aer utilizate în industria petrolieră

Avîndu-se în vedere avantajele pe care le prezintă folosirea aerului ca agent de răcire în locul apei, în industria petrolieră se răspîndeşte din ce în ce mai mult utilizarea răcitoarelor şi condensatoarelor cu aer.

În stadiul actual, experienţa acumulată în construcţia şi exploatarea răcitoarelor şi condensatoarelor cu aer permite alegerea tipului celui mai potrivit pentru fiecare proces în parte. Alegerea soluţiei optime se face prin compararea rezultatelor calculelor tehnico-economice efectuate pentru mai multe variante ale sistemului de răcire sau condensare.

Răcitoarele şi condensatoarele cu aer, pentru produsele petroliere sau pentru agenţii intermediari de răcire, au particularităţi constructive specifice, impuse, pe de o parte, de condiţiile schimbului de căldură şi, pe de altă parte, de tendinţa tipizării lor constructive.

În răcitoarele şi condensatoarele cu aer, produsele circulă prin tuburi, iar aerul în exteriorul tuburilor, transversal pe acestea. Tuburile sînt nervurate la exterior, pentru ca prin mărirea suprafeței să se îmbunătățească schimbul de căldură.

Produsul circulă în paralel prin mai multe tuburi, prinse la capete în colectoare și formînd fascicule, ce pot fi montate în serie sau în paralel, așezate suprapus sau alăturat.

Pentru răcitoarele și condensatoarele cu aer se utilizează obișnuit tuburi de oțel, cu lungimi standardizate, cuprinse între 2 și 9,15 m, și diametre de 3/4″ pînă la $1\frac{1}{2}$″. Sînt folosite uzual nervuri circulare de grosime constantă, înălțimea nervurii fiind cuprinsă între 5 și 20 mm, iar grosimea nervurii între 0,25 și 1,3 mm. Numărul de nervuri pe metrul liniar de tub este cuprins între 100 și 350. Nervurarea mărește suprafața de schimb de căldură pe partea aerului de 5 pînă la 20 ori față de suprafața exterioară a tuburilor fără nervuri.

Nervurile se confecționează din aluminiu (obișnuit pentru temperaturi ce nu depășesc 250°C) sau din oțel. Există mai multe procedee de execuție a nervurilor și de solidarizare a acestora cu tuburile :

— Formarea nervurilor prin înfășurarea helicoidală pe tub a unei benzi de tablă, încrețită pe partea dinspre tub și cu solidarizare efectuată prin zincare.

— Nervurarea prin introducerea într-un șanț helicoidal, practicat pe tub, a unei benzi de tablă puternic tensionată, solidarizarea făcîndu-se prin rularea tubului între nervuri sau prin sudare.

— Confecționarea nervurilor din tablă, prin ștanțare circulară la exterior și stelară la interior și fixarea lor pe tub, prin zincarea colțurilor interioare, îndoite la montaj.

— Stanțarea nervurilor circulare din tablă și montarea lor pe tub, la cald, alternativ cu niște inele distanțiere.

Procedeele de nervurare de mai sus au dezavantajul că duc, în timp, la creșterea rezistenței termice a contactului dintre nervuri și tub (datorită slăbirii acestui contact).

— Realizarea tuburilor nervurate prin vălțuirea unor tuburi cu pereți groși. Acest procedeu conduce la obținerea unor tuburi cu nervuri de 4÷6 mm înălțime, la care nu mai există problema slăbirii contactului între tub și nervuri. Asemenea tuburi nervurate se folosesc obișnuit pentru temperaturi mai mari de 300°C.

În răcitoarele și condensatoarele cu aer, tuburile se așază în fascicule cu șiruri intercalate (așezare în triunghi echilateral). Pasul tuburilor, pe șirurile transversale pe direcția de curgere a aerului, este de obicei cu 0,5÷6 mm mai mare decît diametrul exterior al nervurilor. La capete, tuburile sînt mandrinate sau sudate în două colectoare, unul fixat pe scheletul metalic al răcitorului sau condensatorului, iar celălalt sprijinit liber pentru a putea prelua dilatările.

Circulația forțată a aerului este realizată cu unul sau două ventilatoare axiale, obișnuit cu axe verticale și antrenate de motoare electrice. Viteza optimă de circulație a aerului în fascicul rezultă din calculele tehnico-economice, în care se ține seamă de costul aparatului de schimb de căldură (mai mare în cazul vitezelor mici de circulație a aerului) și de energia consumată de ventilator (mai mare în cazul vitezelor mari de circulație a aerului). Elicele ventilatoarelor au între 3 și 8 pale și diametre cuprinse între 1 și 6 m. Ventilatoarele au turații de ordinul sutelor de rotații pe minut și pot realiza presiuni pînă la 60 mm coloană apă.

Uneori, pentru recuperarea parțială a energiei cinetice a aerului evacuat, se montează un difuzor la ieșirea aerului din instalație, reducîndu-se astfel, în mică măsură, consumul de energie al ventilatorului.

Menținerea constantă a temperaturii produsului la ieșirea din răcitor sau condensator se obține prin reglarea debitului de aer, în funcție de temperatura atmosferică și de debitul de produs.

Reglarea debitului de aer se poate face manual sau automat, printr-una din următoarele metode :

— derivarea parțială sau recircularea parțială a aerului livrat de ventilator ;

— modificarea secțiunii de intrare a aerului prin voleți obturatori ;

— variația turației ventilatorului, prin utilizarea unui motor electric cu turație variabilă, a unui variator de turație hidraulic sau cu angrenaje, sau prin antrenarea ventilatorului cu turbină cu abur ;

— variația unghiului de înclinație a palelor.

În cazul temperaturilor atmosferice scăzute, reducînd debitul de aer circulat prin răcitor sau condensator, se reduce și consumul de energie al ventilatorului.

După poziția fasciculelor de țevi, răcitoarele și condensatoarele cu aer pot fi de tip orizontal, înclinat (în formă de acoperiș) sau vertical. După poziția ventilatorului, se deosebesc două tipuri de răcitoare și condensatoare cu aer : cu tiraj refulat și cu tiraj aspirat.

Cele mai utilizate în industria petrolieră sînt răcitoarele și condensatoarele orizontale care prezintă avantajul unei construcții mai simple. Dezavantajele corespunzătoare acestui tip sînt : ocuparea unei suprafețe mai mari și o scurgere mai grea a condensatului (în cazul condensatoarelor). Ventilatoarele pot fi montate fie deasupra, fie dedesubtul fasciculului de țevi (tiraj aspirat sau tiraj refulat). Tirajul refulat, în comparație cu tirajul aspirat, prezintă avantajul unui consum mai mic de energie (temperatura aerului mai scăzută) și dezavantajul unei repartizări frontale a aerului, mai neuniformă.

În figura 1 este reprezentat un răcitor cu aer de tip orizontal, cu două fascicule de țevi alăturate, prin care circulă în paralel un produs petrolier sau chiar produse diferite.

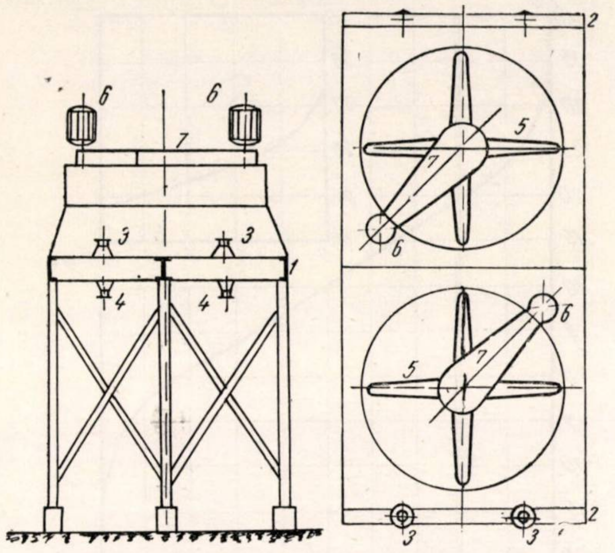


Fig. 1. Răcitor cu aer tip orizontal:
1 – fascicule tubulare; 2 – colectoare; 3 – ștuțuri de intrare; 4 – ștuțuri de ieșire; 5 – ventilatoare; 6 – motoare electrice; 7 – cutia transmisiei.

Obişnuit, la aceste tipuri de răcitoare şi condensatoare cu aer, lățimea unui fascicul nu depăşeşte 2,5 m (pentru uşurința montajului şi demontajului), iar alăturarea mai multor fascicule (două sau trei) conduce la o lățime totală corespunzătoare diametrului elicei ventilatorului.

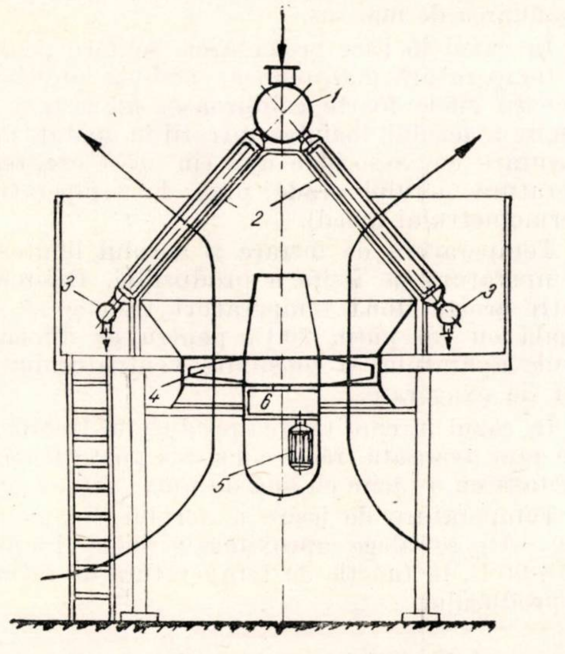


Fig. 2. Condensator cu aer tip înclinat:
1 – conductă de vapori; 2 – fascicule tubulare; 3 – colectoare de condensat; 4 – ventilator; 5 – motor electric; 6 – mecanism de transmisie.

Frecvent se utilizează lungimi mari de tuburi şi corespunzător se montează două ventilatoare.

Colectoarele, în care sînt mandrinate țevile, au formă paralelipipedică şi sînt prevăzute cu dopuri filetate, care permit curățirea țevilor la interior.

Construcția cu fascicule de țevi înclinate este mai compactă şi permite o mai bună scurgere a condensatului. Un condensator de acest tip poate fi montat chiar pe capul unei coloane, reducîndu-se astfel la minimum pierderile de presiune în circuitul vaporilor. O parte din condensat poate fi reintrodusă în coloană, ca reflux.

În figura 2 este reprezentat un condensator cu aer de tip înclinat, cu tiraj refulat de un ventilator montat dedesubtul fasciculelor de țevi.

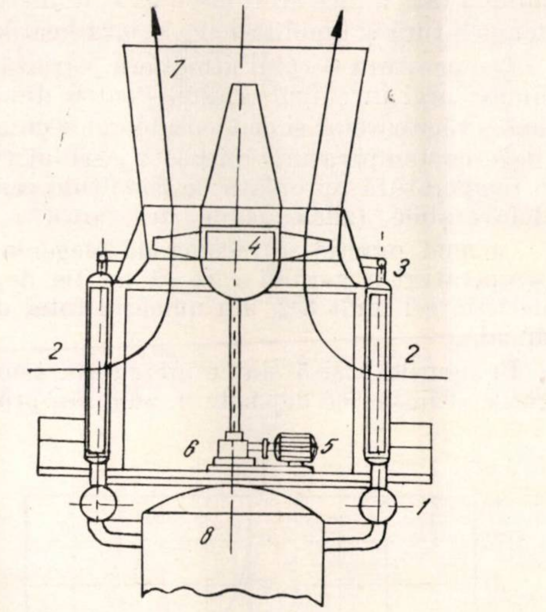


Fig. 3. Condensator (deflegmator) cu aer, tip vertical:
1 – conductă circulară de vapori; 2 – fascicule tubulare; 3 – colector de gaze necondensabile; 4 – ventilator; 5 – motor electric; 6 – mecanism de transmisie; 7 – difuzor; 8 – coloană de fracționare.

Răcitoarele şi condensatoarele cu aer, cu fascicule verticale, sînt utilizate obişnuit pentru debite mari de produs, ele ocupînd un spațiu redus. În cazul existenței mai multor fascicule, acestea se aşază poligonal, aerul fiind aspirat de un ventilator montat la un nivel superior fasciculelor şi cu axul în centrul poligonului.

În figura 3 este reprezentat un condensator deflegmator cu aer, de tip vertical, cu tiraj aspirat, prevăzut cu difuzor şi montat pe capul unei coloane de distilare sub vid. El asigură o pierdere de presiune minimă.

Prin colectorul circular inferior, vaporii trec în fasciculele tubulare, iar condensatul se reîntoarce în coloană. În colectorul superior se acumulează gazele necondensabile.

2. Determinarea debitului de aer necesar

Cunoscîndu-se debitul de produs ce trebuie răcit sau condensat, stările inițială și finală și valorile proprietăților fizice ale produsului în intervalul temperaturilor de lucru, se calculează inițial debitul de căldură cedată de produs în cursul răcirii sau condensării.

Cantitatea de căldură cedată de produs fiind practic preluată integral de aerul care circulă prin aparat, se poate scrie relația :

$$Q = G_a \cdot c_{pa} (t_2 - t_1) \text{ kcal/h}. \qquad (1)$$

Din această relație se calculează debitul de aer necesar (G_a, kgf/h).

Căldura specifică izobară a aerului poate fi admisă fără a face erori însemnate, indiferent de temperatură și umiditate, $c_{pa} = 0{,}24$ kcal/kgf.°C.

Temperatura aerului atmosferic variază între limite largi în cursul anului. Pentru dimensionarea răcitoarelor și condensatoarelor cu aer se alege ca temperatură inițială a aerului (t_1, °C) o temperatură apropiată de condițiile cele mai defavorabile (zilele calde de vară).

În mod practic se recomandă alegerea unei temperaturi a aerului care să nu fie depășită decît în cel mult 3% din numărul total de ore anual.

În figurile 4 și 5 sînt reprezentate temperaturile atmosferice depășite în anumite procente din numărul total de ore anual, pentru principalele noastre centre ale industriei de prelucrare a țițeiului. Diagramele reprezintă valorile medii pe anii 1955–1959, efectuate cu ajutorul temperaturilor înregistrate de stațiile meteorologice din Ploiești și Tg. Ocna. Din aceste diagrame se poate trage concluzia că, pentru principalele noastre centre de prelucrare a țițeiului, o temperatură inițială a aerului de 30°C este acoperitoare, respectînd recomandarea de mai sus.

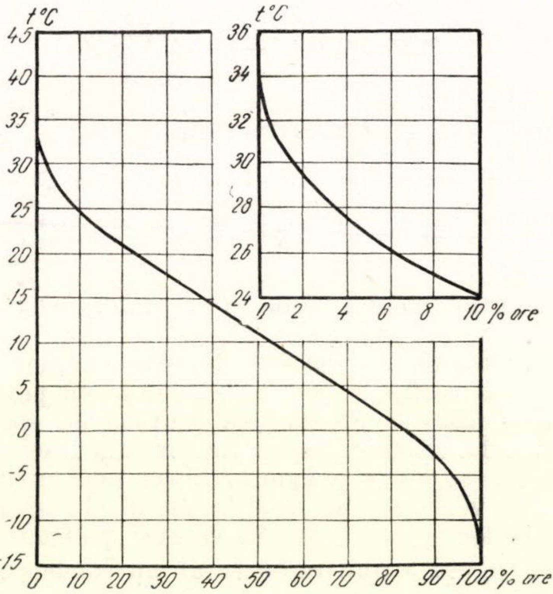


Fig. 4. Temperaturile atmosferice depășite în anumite procente din numărul total de ore anual, pentru orașul Ploiești.

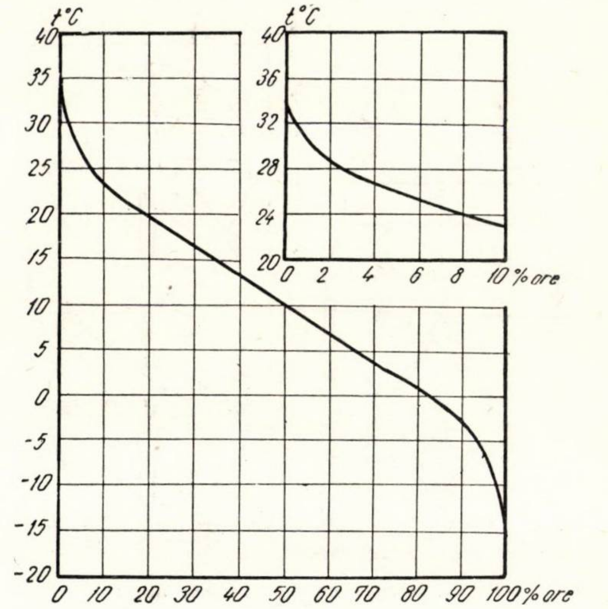


Fig. 5. Temperaturile atmosferice depășite în anumite procente din numărul total de oare anual, pentru orașul Tîrgu-Ocna.

În cazul în care proiectarea se face pentru o temperatură mai redusă, trebuie prevăzut, pentru zilele foarte călduroase, un sistem de răcire a aerului, înaintea intrării în aparat, prin saturare cu vapori de apă (în acest caz, temperatura aerului scade pînă la temperatura termometrului umed).

Temperatura de intrare a aerului limitează temperatura de ieșire a produsului. Diferența între aceste două temperaturi trebuie să fie egală cu cel puțin 20°C, pentru ca dimensiunile aparatului și consumul ventilatorului să nu fie exagerate.

În cazul în care răcirea produsului trebuie să fie mai avansată, răcirea cu aer poate fi completată cu o răcire cu apă de puț.

Temperatura de ieșire a aerului din aparat (t_2, °C) se alege aproximativ între limitele 45÷90°C, în funcție de temperatura de intrare a produsului.

3. Calculul coeficientului parțial de schimb de căldură la exterior

În raport cu tipurile constructive existente, se aleg dimensiunile caracteristice ale tuburilor și nervurilor, materialele respective și modul de așezare a tuburilor în fascicul.

În figura 6 sînt redate dimensiunile caracteristice necesare calculului.

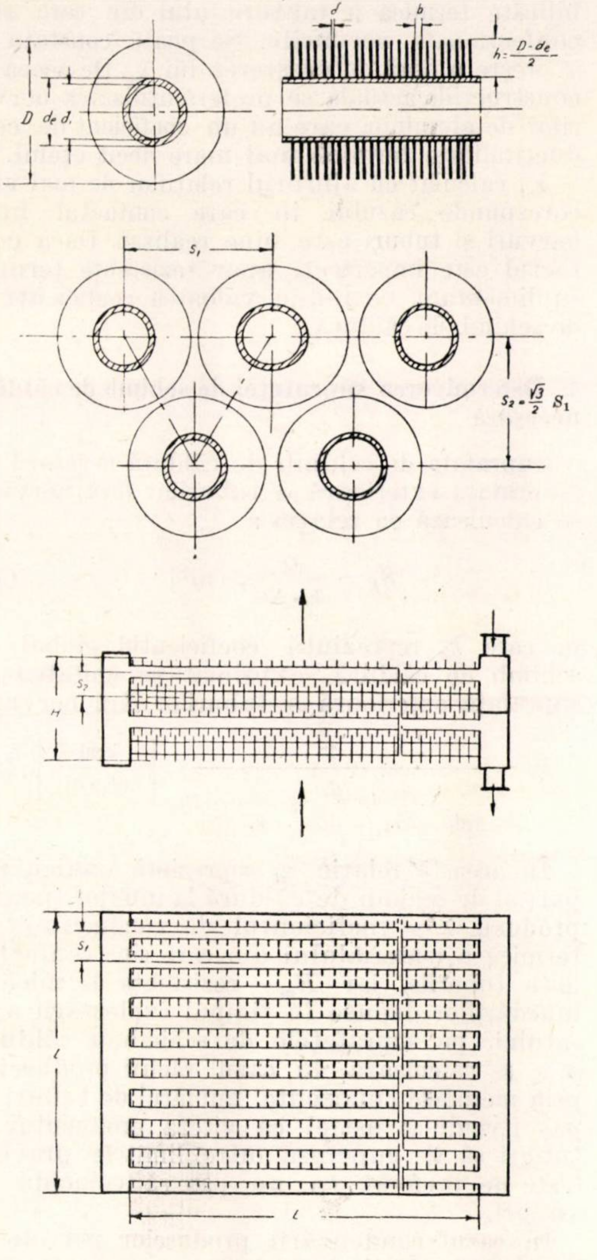


Fig. 6. Dimensiunile caracteristice ale tuburilor, nervurilor și fasciculului.

Calculul coeficientului parțial de schimb de căldură între aer și suprafața exterioară nervurată a tuburilor, exprimat pe unitatea de suprafață exterioară a tuburilor fără nervuri (α_e kcal/m².h.°C), se calculează cu relația :

$$\alpha_e = \alpha \frac{\varepsilon S_1 + S_2}{S_e}, \qquad (2)$$

în care :

α este coeficientul de convecție pe suprafața exterioară nervurată, exprimat pe unitatea de suprafață echivalentă, kcal/m².h.°C ;

S_e — suprafața exterioară a tuburilor fără nervuri ;

$\varepsilon S_1 + S_2$ — suprafața exterioară echivalentă a tuburilor nervurate (suprafața ce ar schimba cu aerul aceeași cantitate de căldură, dacă și nervurile ar avea temperatura peretelui dintre nervuri) ;

S_1 — suprafața fețelor laterale ale nervurilor ;

S_2 — suprafața peretelui liber dintre nervuri ;

ε — coeficient de eficacitate a nervurilor (coeficient ce ține seama de scăderea temperaturii în nervură, de la bază către vîrful său).

Se admite că prin suprafața extremă a nervurii ($\pi D \delta$) schimbul de căldură este neglijabil (suprafață și temperatură reduse).

Suprafețele caracteristice, definite mai sus, pot fi exprimate prin următoarele relații :

$$S_1 = 2 \frac{\pi (D^2 - d_e^2)}{4} n \ [\text{m}^2/\text{m}] \qquad (3)$$

$$S_2 = \pi d_e (b - \delta) n \ [\text{m}^2/\text{m}] \qquad (4)$$

$$S_e = \pi d_e \ [\text{m}^2/\text{m}] \qquad (5)$$

În aceste relații, n reprezintă numărul de nervuri pe metrul liniar de tub.

Coeficientul de convecție α se calculează, pentru aripioare circulare și așezare intercalată a tuburilor, fie cu ajutorul relației stabilită de E. S. Karasina pentru valori $\text{Re} > 3000$ [4] :

$$\text{Nu} = 0{,}223 \ \text{Re}^{0{,}65} \left(\frac{b}{d_e}\right)^{0{,}54} \left(\frac{b}{h}\right)^{0{,}14}, \qquad (6)$$

în care ca lungime caracteristică în criteriile Nu și Re se utilizează b, fie cu ajutorul relației stabilite de S. L. Jameson [5] :

$$\text{Nu} = 0{,}0812 \ \text{Re}^{0{,}724}, \qquad (7)$$

în care ca lungime caracteristică în cele două criterii se utilizează diametrul echivalent termic :

$$d_t = \frac{2S}{\pi P} = \frac{2(S_1 + S_2)}{\pi [4h + 2(b - \delta)] n}. \qquad (8)$$

În această relație, S reprezintă suprafața exterioară de schimb de căldură (m²/m), iar P perimetrul proiectat al acestei suprafețe (m/m).

În ambele relații criteriale, proprietățile fizice aparțin aerului și se iau la temperatura medie a acestuia : $0{,}5\,(t_1 + t_2)$. În figura 7 sînt reprezentate variațiile proprietăților fizice ale aerului, necesare în calcul, cu temperatura.

În ambele relații, viteza de curgere a aerului se calculează pentru secțiunea minimă de curgere :

$$S_{min} = Ll - d_e L N_t - 2\, h \delta n L N_t. \qquad (9)$$

În această relație, $N_t = l/s_1$ și reprezintă numărul de tuburi pe șir.

Dimensiunile fasciculului (L și l) trebuie astfel alese, încît viteza de curgere a aerului în secțiunea minimă să fie cuprinsă aproximativ între 4 și 9 m/s (pentru a obține coeficienți de schimb de căldură și căderi de presiune acceptabile). Raportul între L și l se alege ținînd seamă de necesitatea standardizării lungimii tuburilor și a diametrului elicei ventilatorului.

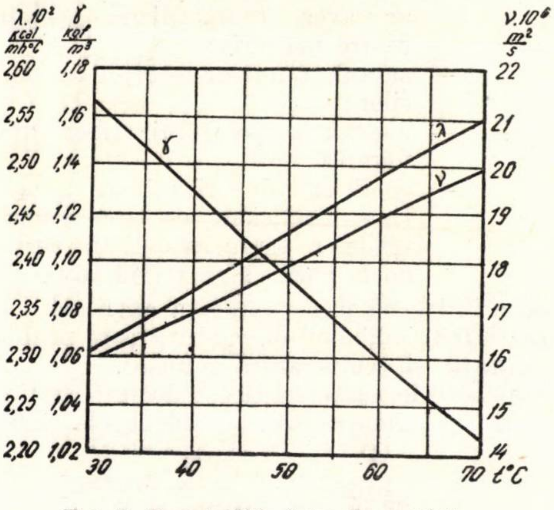


Fig. 7. Proprietățile fizice ale aerului.

Coeficientul de eficacitate a nervurilor (ε) a fost stabilit pe cale teoretică și se găsește reprezentat în diagrame. Pentru tuburi cu nervuri circulare de grosime constantă, ε este reprezentat în figura 8, în funcție de raportul $\frac{D}{d_e}$ și produsul

$$\frac{h}{\delta}\sqrt{2B_i}.$$

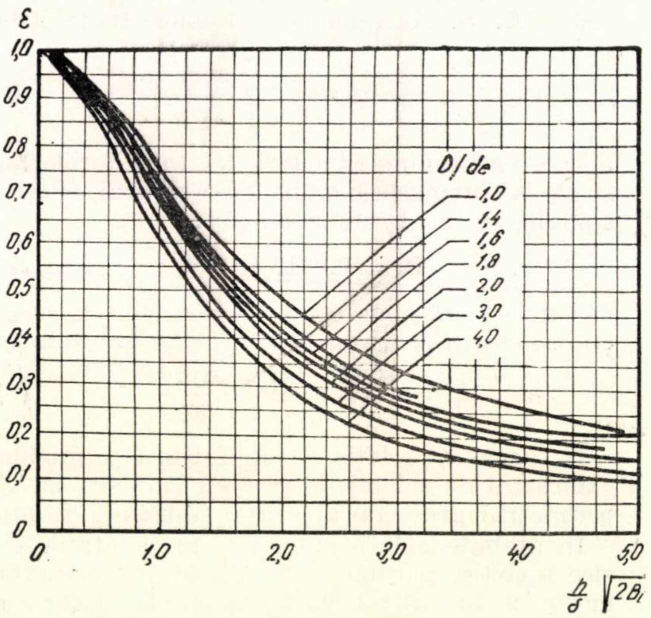


Fig. 8. Coeficientul de eficacitate pentru nervuri circulare de grosime constantă.

Criteriul lui Biot are expresia:

$$B_i = \frac{\alpha\delta}{\lambda_n}, \tag{10}$$

în care λ_n reprezintă coeficientul de conductibilitate termică a materialului din care sînt confecționate nervurile. Se poate constata că ε crește o dată cu creșterea lui λ_n. De aceea în construcțiile actuale se preferă utilizarea nervurilor de aluminiu, care au un coeficient de conductibilitate termică mai mare decît oțelul.

α_e, calculat cu ajutorul relațiilor de mai sus, corespunde cazului în care contactul între nervuri și tuburi este bine realizat. Dacă contactul este imperfect, apar rezistențe termice suplimentare, ce reduc valoarea coeficientului de schimb de căldură.

4. Determinarea suprafeței de schimb de căldură necesară

Suprafața de schimb de căldură necesară S_E (suprafața exterioară a tuburilor fără nervuri) se calculează cu relația:

$$S_E = \frac{Q}{k_e \cdot \Delta t}, \ [\text{m}^2] \tag{11}$$

în care k_e reprezintă coeficientul global de schimb de căldură, exprimat pe unitatea de suprafață exterioară a tuburilor fără nervuri:

$$k_e = \frac{1}{\dfrac{d_e}{\alpha_i d_i} + \dfrac{d_e}{2\,\lambda_t} \ln \dfrac{d_e}{d_i} + \dfrac{1}{\alpha_e} + R_m} \left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}}\right] \tag{12}$$

În această relație α_i reprezintă coeficientul parțial de schimb de căldură la interior (pentru produs), λ_t — coeficientul de conductibilitate termică a materialului din care sînt confecționate tuburile, iar R_m — rezistența termică a murdăriilor depuse în timpul exploatării aparatului, pe suprafețele de schimb de căldură. α_i se calculează, în cazul răcirii produselor, prin metodele cunoscute, numărul de tuburi pe pas fixîndu-se astfel ca viteza produsului în tuburi să fie cuprinsă între limitele practice (este de preferat ca un pas să coincidă cu un șir).

În cazul condensării produselor petroliere, neexistînd relații de calcul, se poate admite ca valoarea medie a lui α_i 2 000 $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}}\right]$.

Rezistențele termice ale depunerilor, constatate în exploatarea răcitoarelor și condensatoarelor cu aer de produse petroliere, variază aproximativ între 0,0002 și 0,0007 $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$ (valori mici la produse ușoare și valori mari la produse grele).

Coeficienții globali de schimb de căldură (k_e) au practic valori cuprinse între 500 și 200 $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}}$

în cazul condensării produselor petroliere și valori cuprinse între 500 și 100 $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ C}$ în cazul răcirii produselor petroliere lichide (valoarea minimă corespunde răcirii păcurii).

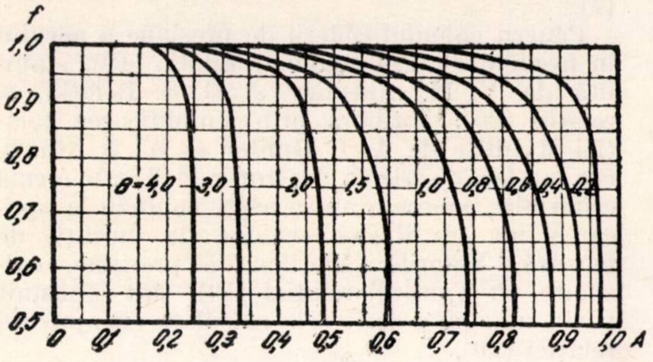


Fig. 9. Factorul de corecție a diferenței medii de temperatură.

Notînd cu T_1, temperatura de intrare a produsului, cu T_2, temperatura de ieșire a produsului, cu t_1 temperatura de intrare a aerului și cu t_2 temperatura de ieșire a aerului, diferența medie de temperatură între produs și aer va fi:

$$\Delta t = f \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}. \qquad (13)$$

Factorul de corecție f, pentru schimbul de căldură în contracurent — încrucișat, se citește din figura 9, în funcție de parametrii:

$$A = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \text{ și } B = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}. \qquad (14)$$

Numărul total de tuburi se află împărțind S_E la suprafața exterioară fără nervuri a unui singur tub $(\pi d_e L)$, iar numărul de șiruri de tuburi (N_s), prin împărțirea numărului total de tuburi la N_t (constructiv se va lua un număr întreg de șiruri de tuburi).

La tipurile de răcitoare și condensatoare cu aer construite în prezent, se utilizează obișnuit între 3 și 6 șiruri de tuburi. Un număr mai mare de șiruri de tuburi conduce la căderi de presiune a aerului prea mari, respectiv la valori ridicate ale puterii consumate de ventilator.

Înălțimea fasciculului tubular rezultă din relația:

$$H = (N_s - 1)\, s_2 + D \simeq N_s\, s_2. \qquad (15)$$

5. Calculul puterii consumate de ventilator

Puterea motorului necesară antrenării ventilatorului se poate exprima prin relația:

$$N = \frac{\Delta p_t \cdot G_a}{3\,600 \cdot 102 \cdot \gamma_i \cdot \eta_v \cdot \eta_t}, \text{ [kW]} \qquad (16)$$

în care G_a reprezintă debitul de aer, kgf/h; γ_i — greutatea specifică a aerului la temperatura de intrare în ventilator, kgf/m³; η_v — randamentul ventilatorului (practic $0{,}65 \div 0{,}75$) și η_t randamentul transmisiei (practic $0{,}85 \div 0{,}95$).

Diferența de presiune totală pe care trebuie să o realizeze ventilatorul este:

$$\Delta p_t = \Delta p + \Delta p', \text{ [kgf/m}^2\text{]}. \qquad (17)$$

Variația presiunii dinamice realizată de ventilator este practic egală cu energia cinetică a aerului ce părăsește răcitorul sau condensatorul:

$$\Delta p' = \frac{\gamma_e W_e^2}{2g}. \qquad (18)$$

În această relație, greutatea specifică și viteza aerului se iau în secțiunea de ieșire a acestuia din instalația de răcire sau condensare.

Diferența de presiune statică realizată de ventilator Δp este practic egală cu căderea de presiune în fascicul. Aceasta se calculează cu una din următoarele relații criteriale. (relația stabilită de V. M. Antufiev, G. S. Belețki [1]):

$$\text{Eu} = \frac{0{,}99\, N_s}{\text{Re}^{0{,}248}} \left(\frac{d_e}{b}\right)^{0{,}72}, \qquad (19)$$

în care ca lungime caracteristică în Re se utilizează d_e, sau relația stabilită de A. I. Gunter și W. A. Shaw [5]:

$$\text{Eu} = \frac{0{,}563 \cdot N_s}{\text{Re}^{0{,}146}} \left(\frac{s_2}{d_h}\right)^{0{,}6}, \qquad (20)$$

în care ca lungime caracteristică în Re se utilizează diametrul echivalent hidraulic:

$$d_h = \frac{4V_l}{S_f} = \frac{4\left[Lls_2 - \frac{\pi d_e^2}{4} LN_t - \frac{\pi (D^2 - d_e^2)}{4} \delta n L N_t\right]}{L \cdot N_t \cdot (S_1 + S_2)}. \qquad (21)$$

În această relație V_l reprezintă volumul liber în fascicul, iar S_f — suprafața exterioară nervurată (suprafața de frecare), ambele pentru un singur șir de tuburi (se neglijează și aici suprafețele extreme ale nervurilor).

În ambele relații criteriale, proprietățile fizice ale aerului se iau la temperatura medie din fascicul, viteza se calculează pentru secțiunea minimă de curgere, iar criteriul lui Euler are expresia:

$$\text{Eu} = \frac{\Delta p \cdot g}{\gamma \cdot W^2}, \qquad (22)$$

în care g este accelerația gravitațională.

La tipurile actuale de răcitoare și condensatoare cu aer se obțin căderi de presiune în fascicul de ordinul $9 \div 22$ kgf/m².

În cazul în care răcitorul sau condensatorul sînt deservite de două ventilatoare, fiecare din motoarele corespunzătoare trebuie să dezvolte jumătate din puterea consumată global de ventilatoare. Căderea de presiune a produsului ce curge prin tuburi se calculează prin metodele cunoscute.

*

În cele de mai sus au fost prezentate tipurile principale de răcitoare și condensatoare cu aer utilizate în industria petrolieră, împreună cu o serie de date practice de natură constructivă și funcțională și s-a expus sistematizat metoda de proiectare tehnologică a acestora. Metoda de proiectare prezentată este relativ simplă și ușor aplicabilă. Ea se referă la răcitoarele și condensatoarele cu aer obișnuite, cu fascicule de tuburi nervurate, nervurile fiind circulare și de grosime constantă, iar tuburile așezate în triunghi echilateral. De asemenea sînt redate toate diagramele necesare calculelor.

Pe baza datelor obținute de la Institutul meteorologic s-a ajuns la concluzia că, pentru principalele centre de prelucrare a țițeiului din țara noastră, se poate admite în proiectare o temperatură inițială a aerului de 30°C.

Pentru calculul transferului de căldură și cel al căderii de presiune în fasciculele de tuburi nervurate s-au recomandat cele mai bune relații existente în prezent în literatura de specialitate. Au fost încercate toate relațiile corespunzătoare, existente în literatură și au fost reținute și recomandate acele relații care conduc la cele mai bune rezultate în comparație cu datele obținute în instalațiile de răcire sau condensare cu aer existente în industria de prelucrare a țițeiului. Metoda de proiectare și relațiile recomandate au fost verificate de autori și cu ocazia efectuării mai multor proiecte de răcitoare și condensatoare cu aer.

Relația (6) pentru calculul schimbului de căldură a fost stabilită de E. S. Karasina, iar relația (7) este obținută prin modificarea formală a relației lui S. L. Jameson. Relația (6) a fost stabilită pentru valori $Re > 3000$ (lungimea caracteristică fiind pasul nervurilor). Totuși, aplicarea acestei relații în cazul $Re < 3000$ conduce la valori satisfăcătoare ale coeficientului de schimb de căldură, cu puțin mai mici decît cele obținute cu ajutorul relației (7).

Pentru calculul căderii de presiune a aerului în fascicul s-au recomandat relația (19), stabilită de V. M. Antufiev și G. S. Belețki, și relația (20), obținută prin simplificarea relației stabilite de A. I. Gunter și W. A. Shaw. S-a preferat scrierea acestor relații sub formă criterială, pentru a nu se naște confuzii la aplicarea lor în diverse sisteme de unități de măsură. Valorile căderilor de presiune, calculate cu ajutorul relației (19), sînt obișnuit puțin mai mici decît cele calculate cu ajutorul relației (20).

Bibliografie

[1] Antufiev, V. M. și Belețki, G. S. *Transmisia căldurii și rezistența aerodinamică la suprafețele tubulare în curenți transversali.* Mașghiz, Moscova, 1948.

[2] Cook, E. M. și Otten, P. S. *Proiectarea și utilizarea răcitoarelor cu aer.* Petroleum **22** (1959), nr. 8.

[3] Degler, H. E. *Turnuri de răcire pentru apă și schimbătoare de căldură cu răcire cu aer.* The Oil and Gas Journal **50** (1952), nr. 40 și 41.

[4[Karasina, E. S. *Schimbul de căldură la fascicule de tuburi nervurate transversal.* Izvestiia V.T.I., nr. 12, 1952.

[5] Kern, D. Q. *Procese de schimb de căldură.* Mc. Graw-Hill Book Company, New-Work, 1950.

[6] Mathews, R. T. *Răcirea cu aer în instalațiile chimice.* Chemical Engineering Progress **55** (1959), nr. 5.

[7] Nakayama, E. U. *Proiectarea optimă a răcitoarelor cu aer nervurate.* Petroleum Refiner **38** (1959), nr. 4.

[8] Rose, W. *Noi dezvoltări ale condensatoarelor cu aer pentru procesele tehnice.* Chemie-Ingenieur Technik 31 (1959), nr. 2.

[9] Segel, K. D. *Economicitatea răcitoarelor cu aer nervurate.* Chemical Engineering Progress 55 (1959), nr. 7.

[10] Smerkovici, V. M. *Condensatoare cu aer,* Himiia i tehnologhiia topliva i masel, nr. 3, 1959.

[11] Smith, E. C. *Răcirea cu aerul ambiant.* The Petroleum Times, 18 iul. și 29 aug. 1958.

Diametrul armăturii de golire a conductelor de apă

Ing. *C. Î. STAICU*

1. Pentru evacuarea apei dintr-o conductă **este** necesar ca aceasta să fie montată în pantă, **să** se prevadă o armătură de golire la capătul amplasat mai jos și să existe posibilitatea de scurgere a apei din vecinătatea conductei.

În literatura de specialitate se recomandă folosirea relației empirice (1) pentru calcularea diametrului d al armăturii de golire a conductelor de apă:

$$d = \beta D \sqrt{\frac{l}{i}}\, t^2, \qquad (1)$$

în care

D este diametrul conductei;
l — lungimea conductei;
t — timpul de golire;
i — panta conductei;
β — un factor numeric a cărui valoare este 1,0 pentru vane și 1,4 pentru robinete [1].

Cînd D și l sînt exprimați în metri, din (1) rezultă d în centimetri. Panta minimă folosită în prezent în practică este 2‰.

Din examinarea relației (1) rezultă că exprimă legătura numai dintre unele mărimi fizice care descriu fenomenul de golire a conductelor de apă și că diametrul armăturii variază direct proporțional cu puterea 0,5 a timpului de golire. Funcția mărimilor din (1) :

$$f(d, D, l, t, i) = 0 \tag{2}$$

nu poate să conducă la o relație omogenă.

Din examinarea fenomenului fizic de golire a apei din conductele de apă rezultă că la descriere trebuie luate în considerare și alte mărimi, iar variația diametrului armăturii cu timpul de golire este invers proporțională. Relația de legătură trebuie să fie de forma :

$$d = k\,\frac{f_1(D, l)}{f_2(g, i, t)}, \tag{3}$$

unde g este accelerația gravitației și în care s-a ținut seama de dependența reală a mărimilor.

2. În cele ce urmează se propune stabilirea funcțiilor f_1 și f_2 din relația (3), astfel încît să se dispună de o relație matematică (omogenă) pentru diametrul armăturii de golire a conductelor de apă. În acest scop se va utiliza analiza dimensională.

Înainte de a trece la aplicarea metodei dimensionale, se va efectua o simplificare a relației (3), ceea ce se poate realiza prin luarea în considerare a faptului că descrierea fenomenului poate fi făcută și cu un număr mai mic de mărimi. Funcția de la numărător reprezintă volumul V al apei din conducta care se golește, iar pentru evacuarea unui volum de apă V dat, secțiunea s a armăturii de golire variază invers proporțional cu viteza apei, v, în secțiunea de golire și cu durata golirii, t; rezultă deci o nouă relație :

$$s = k\,\frac{f_1(V)}{f_2(t, v)}, \tag{4}$$

în care, față de relația (3), numărul mărimilor s-a redus cu două mărimi.

În conformitate cu teorema fundamentală a analizei dimensionale generale [4], relația (4) poate fi pusă sub forma :

$$s^a\, t^b\, v^c = k V^e, \tag{5}$$

în care a, b, c, și e sînt exponenți de mărime, iar k este un factor numeric; ei admit valori unice și constituie necunoscutele problemei.

3. În vederea stabilirii valorilor unice ale exponenților de mărime, se adoptă sistemul dimensional cu $d^\star = 3$ mărimi fundamentale (L, M, T), utilizat în mecanică, pe baza căruia dimensiunile mărimilor din (5) sînt următoarele :

$$\begin{aligned} [s] &= L^2 \qquad & [v] &= LT^{-1} \\ [t] &= T \qquad & [V] &= L^3. \end{aligned} \tag{6}$$

Prin introducerea ecuațiilor (6) în (5),

$$(L^2)^a\,(T)^b\,(LT^{-1})^c = (L^3)^e$$

și prin aplicarea principiului omogenității, se obține sistemul :

$$\begin{aligned} 2a + c &= 3\,e \\ b - c &= 0, \end{aligned} \tag{7}$$

format din $e^\star = 2$ ecuații liniare, omogene, cu $n^\star = 3$ necunoscute. Întrucît $e^\star < n^\star$, sistemul (7) este nedeterminat sau admite o infinitate de soluții matematic posibile, care, introduse în (5), conduc la același număr de relații dimensional valabile.

Pentru stabilirea valorilor unice ale exponenților de mărime, se ia în considerare faptul că relația (5) a fost scrisă în conformitate cu teorema fundamentală a analizei dimensionale generale. În această situație, din afectarea de exponenți necunoscuți la toate mărimile, rezultă că exponenții de mărime admit numai valori întregi, iar din repartizarea mărimilor între cei doi membri înainte de aplicarea principiului omogenității rezultă că valorile întregi care se pot atribui pot fi numai pozitive [4]; de asemenea, valorile unice întregi, pozitive, care conduc la relația fizic valabilă, sînt cele minime, care satisfac sistemul (7) de ecuații [2], [3].

În baza acestor precizări, pentru rezolvarea sistemului de ecuații (7) se utilizează legea valorilor minime, întregi, pozitive [2], [3], și se procedează în mod progresiv, luîndu-se în considerare fiecare ecuație separat, în ordinea crescîndă a numărului de termeni. Din ecuația a doua rezultă $b = c = 1$; cu aceste valori, prima ecuație devine $3e - 2a = 1$, de unde rezultă că trebuie să se mai admită soluțiile $a = 1$ și $e = 1$.

Cu aceste valori, relația (5) devine :

$$s = k\,\frac{V}{t \cdot v}\,\cdot \tag{8}$$

Pentru a stabili relația echivalentă, în care să apară mărimile din (3), se iau în considerare relațiile care exprimă volumul :

$$V = \pi\,\frac{D^2}{4} \cdot l,$$

viteza de scurgere a apei :

$$v = \sqrt{2g \cdot l \cdot i}$$

și secțiunea armăturii de golire :

$$s = \pi\,\frac{d^2}{4}\,\cdot$$

În baza acestor egalități, din (8) rezultă relația matematică (omogenă) :

$$d = kD\sqrt[4]{\frac{l}{2\,g\,i\,t^2}}, \qquad (9)$$

care exprimă diametrul armăturii de golire a apei din conductele de apă.

4. Pentru determinarea valorii factorului numeric k dintr-o relație stabilită prin analiza dimensională, în general este necesar să se facă un număr redus de experiențe ; cu rezultatele obținute la măsurători și cu valorile mărimilor utilizate la descriere se calculează valoarea factorului numeric, care trebuie să rezulte practic constantă, variațiile mari ale acestuia indicînd nevalabilitatea relației stabilite prin metoda dimensională.

Ținînd seamă de experiență și de relația (9), stabilită mai sus, forma definitivă a relației matematice (omogenă) care exprimă diametrul armăturii de golire a conductelor de apă, în funcție de toate mărimile utilizate la descriere, este următoarea :

$$d = kD\sqrt{\frac{l}{g\,i\,t^2}}, \qquad (10)$$

în care factorul numeric k are valoarea 1,07 pentru vane și 1,49 pentru robinete.

Bibliografie

[1] Kopiev, F. S. *Alimentarea cu căldură.* Editura tehnică, București, 1957.

[2] Staicu, I. C. *Asupra stabilirii unor relații fizico-chimice.* Studii și cercetări de fizică, București, IX, 1958, nr. 4, p. 562–567.

[3] Staicu, I. C. *Aplicații ale principiului omogenității conservării.* Metrologia aplicată, București, VI, 1959, nr. 1, p. 24–28.

[4] Staicu, I. C. *Teorema fundamentală a analizei dimensionale generale.* Studii și cercetări științifice – fizică și științe tehnice, Iași, XIII, 1962, fasc. 2, p. 159–172.

Din EXPLOATARE

Dispozitiv pentru colectarea automată a probelor elementare de cărbune

Ing. *ION SĂNDULESCU*

Puterea calorică a cărbunilor consumați de termocentrale sau livrați de minele producătoare constituie un element principal în stabilirea indicilor tehnico-economici de exploatare a acestora.

Cunoașterea calității cărbunelui permite să se stabilească randamentele proceselor termoenergetice și să se facă recepțiile calitative ale combustibilului. Stabilirea calității cărbunelui se face prin luarea unor probe elementare.

Luarea probelor elementare de cărbune sub aspect cantitativ și calitativ este reglementată prin STAS 1372-57, iar analiza granulometrică prin STAS 3228-57.

Pe baza normelor în vigoare, M.M.E.E. a stabilit instrucțiunile E 22-62 pentru recepționarea cărbunilor ce se primesc în centrale.Conform STAS 1372-57, preluarea probelor elementare de cărbune se face în timpul transportului acestuia pe bandă. Se admite totuși preluarea acestor probe din vagoane sau stative, în cazul cînd nu pot fi asigurate condiții de preluare din cărbunele în mișcare (pct. 2–1).

Preluarea probelor elementare se poate face manual sau prin dispozitive mecanizate.

În cazul colectării manuale fidelitatea probelor elementare de cărbune, cu mostra mare (sub aspect calitativ și granulometric), rămîne la latitudinea corectitudinii personalului care efectuează aceste operații.

Prin mecanizarea acestei operații se asigură creșterea productivității muncii și se elimină suspiciunile unei eventuale incorectitudini la efectuarea colectării probelor.

Dispozitivul prevăzut pentru colectarea probelor elementare de cărbune trebuie conceput și dimensionat astfel, încît să respecte următoarele condiții :

— să prezinte siguranță în exploatare ;

— eventualele defecțiuni accidentale să nu producă întreruperea fluxului tehnologic al cărbunelui ;

— cantitativ, probele colectate să respecte prevederile STAS 1372-57 ;

— calitativ, să respecte fidelitatea granulometrică prevăzută în STAS 3228-57 ;

— cheltuielile de investiție, întreținere și exploatare să fie reduse.

1. Descrierea dispozitivului automat*

Pentru preluarea automată a probelor, un colectiv din Centrala Doicești, condus de autor, a construit un dispozitiv original, pe care l-a introdus în 1957 în fluxul tehnologic al cărbunelui la această centrală.

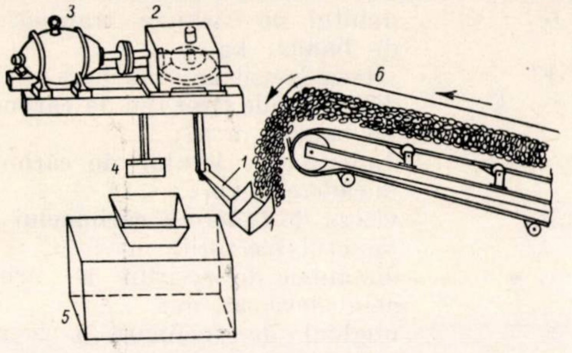


Fig. 1. Dispozitiv pentru colectarea automată a probelor elementare (vedere de ansamblu);

1 – lopată colectoare; *2* – reductor turație; *3* – electromotor; *4* – raz de cauciuc; *5* – ladă colectoare; *6* – bandă transportoare.

Acest dispozitiv colectează probele elementare din fluxul cărbunelui de granulație 0–30 mm, în punctul deversării acestuia de pe o bandă transportoare.

Dispozitivul (fig. 1) constă din lopata colectoare *1*, care pătrunde periodic în fluxul cărbunelui și ia cîte o probă elementară, pe care o descarcă apoi în lada colectoare a probei mari, *5*, prin intermediul razului *4*.

Forma și dimensiunile lopeții colectoare sînt astfel alese, încît să răspundă cerințelor generale impuse dispozitivului și să permită golirea acestuia prin răzuire.

Mișcarea de rotație periodică a lopeții colectoare poate fi asigurată printr-un motor electric, a cărui schemă de alimentare este indicată în figura 2.

Prin întreruptorul trifazic *7* se alimentează șirul de cleme *8*, la care se racordează elementele componente ale schemei electrice a dispozitivului.

Întreruptorul trifazic cu bobină de reținere (automat) *10* asigură alimentarea alternativă a electromotorului *3*, care, prin intermediul reductorului *2*, antrenează lopata colectoare *1*.

Pentru asigurarea funcționării periodice a dispozitivului sînt necesare:

a) Contactorul *9*, care la intervale de timp stabilite, închide circuitul bobinei de reținere a automatului *10* și atrage după sine închiderea acestuia, respectiv alimentarea electromotorului de antrenare *3*.

Obținerea închiderii periodice a circuitului se poate realiza fie prin contactorul monofazic *9*, care primește un impuls mecanic luat de la tamburul în rotație continuă al benzii transportoare (sau un electromotor de turație mică), prin intermediul unui reductor de turație, fie de la un ceas de construcție robustă, ce are aplicat pe cadran și limba minutarului elemente contactoare. În poziție normală de repaus, contactorul este deschis.

b) Contactorul monofazic *12* are poziția normal închisă. Deschiderea acestui contactor se face prin intermediul unui impuls mecanic, dat de axul lopeții colectoare la sfîrșit de cursă.

c) Releul RP 90, elementul *11* din schemă, este un releu de proveniență cehă, ce poate fi înlocuit cu orice alt tip care respectă caracteristicile funcționale indicate în schemă. Acesta are rolul de a asigura o singură rotație a lopeții colectoare la un impuls primit prin contactul *9*.

d) Întreruptorul monofazic *13*, cu contact normal închis, permite scoaterea temporară din circuit a dispozitivului.

Dispozitivul funcționează astfel:

Lopata colectoare se află în poziție de repaus într-o zonă exterioară fluxului de cărbune, și impulsul mecanic dat de axul acestuia menține contactul *12* deschis. Se poate realiza și o schemă cu acesta închis.

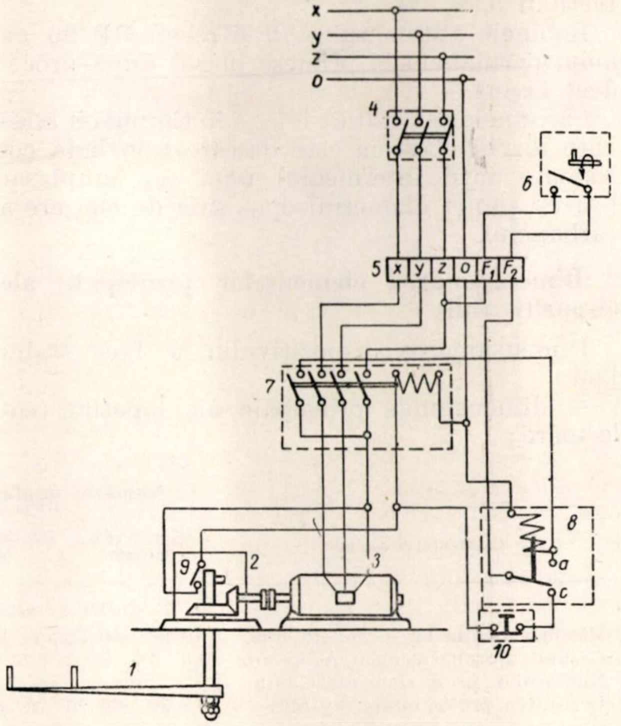


Fig. 2. Dispozitiv pentru colectarea automată a probelor (schema electrică):

1 – lopată colectoare; *2* – reductor turație; *3* – electromotor; *4* – întreruptor trifazic manual; *5* – șir de cleme; *6* – contact normal deschis cu închidere periodică; *7* – întreruptor trifazic automat; *8* – releu contactor RP – 90; *9* – contact normal închis al lopeții; *10* – întreruptor manual normal închis.

Întreruptoarele *7* și *13* sînt închise, iar contactul *9* – deschis. În această situație, bobina de reținere a automatului *10* nu este sub tensiune, ceea ce corespunde poziției deschis a acestuia.

---

* La realizarea acestui dispozitiv au colaborat ing. I. Gruia și maistrul N. Comănescu.

Releul RP 90 este în poziție de repaus (bobina de reținere nu este sub tensiune).

Prin închiderea contactului *9* se pune sub tensiune bobina de reținere a automatului *10*, ceea ce produce anclanșarea acestuia, respectiv pornirea motorului *3* de antrenare a lopeții.

Prin anclanșarea automatului se pune sub tensiune bobina releului RP 90, ceea ce produce deschiderea contactului *C* și închiderea contactului *a* atît timp cît este menținut în poziția închis contactul de impuls *9*.

Bobina de reținere a automatului *10* rămîne sub tensiune prin contactorul *12*, care are poziția normal închisă (circuitul $Z-12-0$).

După efectuarea unei rotații complete, impulsul mecanic dat de axul lopeții deschide contactul *12*, ceea ce duce la scoaterea de sub tensiune a bobinei de reținere, respectiv la declanșarea automatului *10*, care alimentează electromotorul *3*.

După declanșarea automatului, repunerea sub tensiune a bobinei de reținere a acestuia nu mai este posibilă, indiferent de poziția contactelor *9* și *12*. Prin deschiderea contactului *9* se scoate de sub tensiune bobina releului RP 90 și totul revine la situația inițială.

Procesul expus se repetă la reînchiderea contactului *9*.

Bobinele automatului *10* și releul RP 90 au nulul permanent și primesc plusul după procedeul expus.

Cărbunele colectat de lopată în timpul cît străbate fluxul acestuia este descărcat în lada colectoare prin intermediul unui raz amplasat într-un punct diametral opus axei de curgere a cărbunelui.

2. Dimensionarea elementelor principale ale dispozitivului

Dimensionarea dispozitivului se face stabilind :

— dimensiunile principale ale lopeților colectoare;

— viteza periferică necesară deplasării lopeții colectoare;

— periodicitatea colectării probelor elementare, respectiv periodicitatea impulsurilor date de contactorul *9*.

Pentru dimensionarea elementelor descrise este necesară cunoașterea următoarelor date, specifice condițiilor locale de transport :

G — debitul de cărbune transportat de bandă, kg/s;
V' — viteza benzii de transport, m/s;
$l \times h$ — dimensiunile stratului de cărbune pe bandă, m.m;
$l_i \times h_i$ — dimensiunile jetului de cărbune în cădere, m.m;
W' — viteza de cădere a cărbunelui în punctul colectării, m/s;
x, y — distanțele de azvîrlire a cărbunelui deversat, m;
α — unghiul de înclinare a benzii transportoare.

Prin STAS 1308-57 se fixează condițiile de recepție a cărbunilor, indicîndu-se numărul de zile în care trebuie luate probe (tabela 1).

Tabela 1

Condiții de recepție

Nr. crt.	Cantitatea de cărbune expediată lunar pentru aceeași varietate, t	Numărul minim de zile dintr-o lună în care se colectează probe de analiză	
		pentru cenușă și umiditate	pentru granulație
a	pînă la 3 000	3	3
b	de la 3 001—6000	6	3
c	de la 6 001—9000	8	4
d	peste 9 000	9	4

Numărul probelor elementare și greutatea fiecărei probe se stabilesc în raport cu conținutul de cenușă presupus și granulația sortului, elemente considerate că dau gradul de neomogenitate a cărbunelui.

În tabela 2 se dau valorile minime cerute prin STAS 1372-57.

Tabela 2

Numărul minim de probe elementare

Conținutul de cenușă	pînă la 10% (inclusiv)				10% (exclusiv) – 15% (exclusiv)				15% (inclusiv) – 20% (inclusiv)				20% (exclusiv) – 30% (inclusiv)				peste 30%				
A. Cărbune sortat trecut printr-un ciur																					
Mărimea ochiurilor ciururilor, mm	10	30	50	80	10	30	50	80	10	30	50	80	10	30	50	80	10	30	50	80	
Greutatea probei elementare, kg.min	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3	g_1
Numărul de probe elementare, min	30				46				70				80				90				n
Greutatea probei totale, kg.min	15	30	60	90	23	46	92	138	35	70	140	210	40	80	160	240	45	90	180	270	g_2
B. Cărbune sortat rămas pe ciur la o singură ciuruire																					
Mărimea ochiurilor ciururilor, mm	10	30	50	80	10	30	50	80	10	30	50	80	10	30	50	80	10	30	50	80	
Greutatea probei elementare, kg.min	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	20	20	20	20	g_1
Numărul de probe elementare, min	45	45	45	40	50	50	50	45	55	55	55	50	70	70	70	65	45	45	45	45	n
Greutatea probei totale, kg.min	270	270	270	240	300	270	300	270	375	270	375	300	420	270	420	390	900	900	900	900	g_2
C. Cărbune nesortat (ocnă)																					
Greutatea probei elementare, kg.min	6				6				6				6				20				g_1
Numărul probelor elementare, min	50				50				65				70				50				n
Greutatea probei totale, kg.min	300				300				390				420				1000				g_2

NOTĂ. Pentru stabilirea randamentelor, numărul probelor elementare se va mări de 2—4 ori.

Pe baza valorilor stabilite se poate face dimensionarea elementelor principale ale dispozitivului de colectare.

a) La lopata colectoare, dimensiunile principale se iau ținînd seamă de rezultatele încercărilor făcute :

$$a \geqslant h_1 \tag{1}$$

$$c \cong l_1/3 \tag{2}$$

$$b = g_1/\gamma \cdot a \cdot c, \tag{3}$$

unde :

γ este greutatea specifică a cărbunelui în vrac, kg/m^3 ;

a — lățimea lopeții colectoare ;

b — înălțimea pereților laterali ai lopeții colectoare ;

c — lungimea lopeții colectoare.

Se menționează că dimensiunea c este impusă din considerente de siguranță în exploatare în cazul unei eventuale blocări a lopeții colectoare în fluxul de cărbune.

b) Viteza periferică necesară deplasării axei medii a lopeții colectoare se stabilește astfel : jetul de cărbune în cădere nu are o repartiție granulometrică uniformă pe toată secțiunea. În timpul transportului pe bandă, măruntul are tendința de a se așeza cu precădere la partea de jos a stratului de cărbune. În momentul deversării de pe bandă, particulele mai mari sînt azvîrlite mai departe, ca urmare a energiei cinetice mai ridicate acumulate în momentul azvîrlirii de pe bandă.

Se poate admite că repartiția granulometrică este uniformă între cele două jumătăți de elipsă (formate de axa mică a jetului de cărbune în cădere). Pentru a reduce viteza de deplasare a lopeții colectoare, se poate admite umplerea acesteia în timpul cît străbate jumătate din lățimea jetului de cărbune :

$$G/2 = G_1 \tag{4}$$

$$t_1 = g_1/G_1 \tag{5}$$

$$l_1/2 = W \cdot t_1 \tag{6}$$

$$W = l_1/2t_1 \tag{7}$$

unde :

R este raza brațului cupei, m ;

t_1 — timpul în care lopata străbate distanța $l_1/2$, s ;

W — viteza periferică a lopeții colectoare, m/s.

c) Reductorul de turație va antrena axul lopeții colectoare cu viteza :

$$W = \omega R = \frac{2\pi n}{60} \cdot R \tag{8}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}. \tag{9}$$

și deci

$$n = \frac{30\, W}{\pi R}. \tag{10}$$

d) Intervalele de timp la care se face preluarea unei probe elementare se stabilesc astfel :

$$t = \frac{T}{K}\ \text{min}, \tag{11}$$

unde :

T este timpul afectat transportului cărbunelui, min ;

K — numărul probelor elementare, dat în tabela 3 ;

t — intervale la care se fac preluări de probe elementare, min.

Tabela 3

Date de bază pentru dimensionarea dispozitivului de preluare a probelor

Mărimea lotului de cărbune consumat lunar	Greutatea probei totale		Numărul probelor elementare colectate	
	pentru recepție, kgf	pentru randament, kg	pentru recepție, K	pentru randament, K
pînă la 3 000 t	$g_2 \times 3$	$g_2 \times 3 \times 3$	$K = n \times 3$	$K = n \times 3 \times 3$
de la 3 001–6 000 t	$g_2 \times 6$	$g_2 \times 6 \times 3$	$K = n \times 6$	$K = n \times 6 \times 3$
de la 6 001–9 000 t	$g_2 \times 8$	$g_2 \times 8 \times 3$	$K = n \times 8$	$K = n \times 8 \times 3$
peste 9 000 t	$g_2 \times 9$	$g_2 \times 9 \times 3$	$K = n \times 9$	$K = n \times 9 \times 3$

Contactul *9* (fig. 2) urmează să se închidă la intervale de timp de t min.

În anexă se dă un exemplu de calcul.

Concluzii

Necesitatea preluării unui număr mare de probe elementare de cărbune în centralele termoelectrice, unde se urmăresc zilnic consumurile specifice de căldură pentru energia electrică produsă, precum și luarea obiectivă a acestor preluări, a impus introducerea automatizării acestei operații.

Dispozitivul automat pentru colectarea probelor elementare de cărbune, descris în articol, a fost conceput și construit de către un colectiv sub îndrumarea autorului. A fost experimentat și aplicat la CTE Doicești în 1957 pentru cărbune lignit de granulație 0–30 mm, dînd rezultate bune în exploatarea de durată.

Spațiul ocupat de elementele componente ale dispozitivului este redus, ceea ce îl face adaptabil la multe instalații aflate în exploatare. Dispozitivul descris nu rezolvă și mecanizarea operației de sfertuire a probei mari, conform reglementărilor prevăzute prin STAS această operație urmînd să se facă manual.

Deși dispozitivul prezentat permite creșterea productivității muncii, prin reducerea personalului ce efectuează colectarea probelor elementare, mai păstrează munca manuală în operațiile de sfertuire.

Exemplu numeric pentru calculul unui dispozitiv de preluare automată a probelor de cărbune

O centrală termoelectrică consumă lunar o cantitate de cărbune mai mare de 9 000 t, sort 0—30 mm, cu un conținut de cenușă, probabil, de 24 %.

Dispozitivul poate fi amplasat în punctul de deversare a unei benzi de cauciuc, care are caracteristicile (păstrînd notatațiile din text):

— debitul de cărbune $G = 160$ t/h $= 44{,}50$ kg/s ;
— viteza benzii, $V' = 1{,}6$ m/s ;
— $l = 0{,}60$ m ;
— $h_{max} = 0{,}15$ m ;
— $l_1 = 0{,}60$ m ;
— $h_1 = 0{,}20$ m ;
— $R = 0{,}8$ m ;
— $g_1 = 1$ kg (tabela 2) ;
— $g_2 = 80 \times 9 \times 3 = 2\,160$ kg (tabelele 2 și 3) ;
— $K = 80 \times 9 \times 3 = 2\,160$ colectări probe elementare (tabelele 2 și 3) ;
— $K_1 = 9 \times 3 \times 27$ colectări probe mari (tabelele 1 și 2).

Întrucît colectările probelor elementare de cărbune se fac în scopul determinării puterii calorice inferioare necesare stabilirii consumului specific de căldură pentru energia electrică produsă, rezultă necesitatea efectuării unor colectări zilnice.

Se determină :

$a = 0{,}22$ m (formula 1) ;
$c = 0{,}60/3 = 0{,}20$ m (formula 2) ;
$b = 1/860.0{,}20.0{,}22 = 0{,}0265 \cong 0{,}03$ m (formula 3) ;
$G_1 = 22{,}25$ kg/s (formula 4) ;
$t_1 = 1{,}50/22{,}25 = 0{,}0445$ s (formula 5) ;
$W = 0{,}60/2.0{,}0445 = 6{,}75$ m/s (formula 7) ;
$R = 0{,}8$ m ;
$n = 30.6{,}75/\pi.0{,}8 = 80$ rot/min (formula 10) ;
$T_1 = 24$ ore $\times$ 60 min $= 1\,440$ min ;
$t = 1\,440/3.80 = 6$ min (formula 11) ;
$g_2 = 3.80.1{,}00 = 240$ kg.

Contribuții la îmbunătățirea montării manșoanelor de legătură și derivație pentru cablurile de forță de 1—15 kV cu conductoare de aluminiu

Ing. *V. PROOROCEANU*

Pentru a putea satisface cererile tot mai mari de energie electrică atît în sectorul industrial cît și în cel particular, rețelele electrice urbane în cabluri au crescut foarte mult în ultimii ani. Această creștere a fost deosebit de accentuată în orașul București.

Ca urmare, necesarul de manșoane de legătură și de derivație pentru cablurile subterane cu izolație de hîrtie și tensiunea de 1—15 kV a atins un volum important.

Începînd din anii 1955 —1956, cablurile subterane cu conductoare de cupru au fost înlocuite în măsură din ce în ce mai mare cu cabluri cu conductoare de aluminiu, astfel că în prezent se folosesc aproape numai acestea din urmă.

Este cunoscut că montarea manșoanelor pentru cabluri cu izolație de hîrtie de 1—15 kV este reglementată de Instrucțiunea M.E.E.I.E. nr. 71—56 ; în conformitate cu aceste instrucțiuni, cele patru tipuri de manșoane — mic, mijlociu, mare și special pentru 15 kV — acoperă toate necesitățile pentru cablurile cu conductoare de cupru pînă la 120 mm².

Montarea manșoanelor pentru cabluri cu conductoare de aluminiu și cu secțiuni peste 120 mm² nu a fost reglementată pînă în prezent.

Menționăm că există standard de stat numai pentru manșoanele de fontă de 15 kV.

Din anii 1959—1960, o dată cu începerea lucrărilor de extindere a rețelei electrice de distribuție a orașului București, și trecerea la folosirea cablurilor cu secțiuni de 150 mm², a apărut necesitatea reglementării montării manșoanelor la cablurile cu conductoare de aluminiu cu secțiuni pînă la 150 mm² și mai mult.

Acest fapt, precum și constatarea că Instrucțiunile nr. 71—56 sînt depășite de tehnica mondială actuală au condus la necesitatea efectuării la ICME nr. 1 București a unor lucrări de cercetări și lucrări experimentale cu scopul de a stabili bazele revizuirii acestei instrucțiuni și de a îmbunătăți și moderniza tehnologia de montare a manșoanelor pentru cabluri de 1–15 kV.

Menționăm că încă din 1960 la ICME nr. 1 a fost elaborată, pe baza unor studii tehnice sumare, o instrucțiune provizorie de lucru pentru montarea manșoanelor și cutiilor terminale la cablurile de 1–10 kV cu conductoare de aluminiu și secțiuni pînă la 150 mm², prin extinderea domeniului de aplicare a actualelor instrucțiuni de montaj și folosirea tipurilor de manșoane și materiale existente în uz, ceea ce a asigurat condițiile tehnice de executare a rețelelor de cabluri construite în acești ultimi ani.

Principalele obiective ale cercetărilor și lucrărilor experimentale întreprinse au fost :

1. Verificarea valabilității tehnice a instrucțiunilor provizorii pentru montarea manșoanelor la cablurile cu conductoare de aluminiu cu secțiuni pînă la 150 mm².
2. Revizuirea și extinderea domeniului de folosire a manșoanelor de legătură și derivație de 1–15 kV.
3. Îmbunătățirea și modernizarea tehnologiei de montare a manșoanelor pentru a o aduce la nivelul mondial actual.

Determinarea dimensiunilor manșoanelor

Dimensiunile manșoanelor sînt în legătură directă cu secțiunea conductoarelor, dimensiunile și metodele de dezizolare a capetelor de cablu, grosimea izolației conductoarelor și grosimea izolației suplimentare executate manual deasupra îmbinării, astfel încît pentru orice tip de manșon se poate scrie [3, 4, 5, 6 și 7] :

$$L = 2 \times l = 2 \times (k + a + x + m + c), \quad (1)$$

în care :

L este lungimea totală interioară a manșoanelor de fontă ;

l — lungimea capetelor de cabluri pregătite pentru înnădire sau derivare, iar celelalte notații au semnificațiile din figura 1.

Valoarea unora dintre aceste dimensiuni a fost calculată pe baza condițiilor tehnice cerute la execuție (x și c), iar a altora a fost adoptată prin comparație cu valorile acelorași dimensiuni utilizate în tehnologia de execuție din alte țări, ca U.R.S.S., R.F.G. etc. [3, 6 și 7].

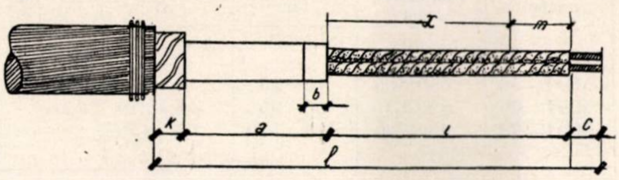


Fig. 1 :

K – lungimea liberă a benzilor metalice de protecție ; a – lungimea liberă a cămășii de plumb ; b – lungimea liberă a izolației de centură ; x – lungimea curbată a fazelor ; m – lungimea de suprapunere a izolației suplimentare ; c – lungimea de dezizolare a fazelor.

Cu ajutorul formulei (1) au fost calculate apoi dimensiunile manșoanelor de fontă necesare pentru toate secțiunile de cabluri de 1–15 kV, atît pentru manșoane de legătură (ML), cît și pentru manșoane de derivație (MD), stabilindu-se domeniile de folosire a acestora în funcție de materialul și secțiunea conductoarelor și de tensiunea de serviciu a cablurilor (tabelele 1, 2 și 3).

S-a putut demonstra astfel că măsura luată la ICME-1 de a extinde domeniul de folosire a manșoanelor actuale la cablurile cu conductoare de aluminiu pînă la 150 mm² a fost perfect justificată.

S-a constatat, de asemenea, că cele trei mărimi de manșoane de legătură din fontă existente în uz nu acoperă economic toată gama de îmbinări de cabluri de 1–10 kV și că este

Tabela 1

Domeniul de folosire a manșoanelor de legătură

Tip manșon		Secțiunea cablurilor, mm²				Simbol vechi I. 71–56
Simbol	Dimensiuni, mm	1 kV	6 kV	10 kV	15 kV	
		A. *Cabluri cu conductoare de cupru*				
ML–45	440/320	–	–	–	–	mic
ML–50	580/450	16– 35	16– 25	–	–	–
ML–60	670/510	50– 95	35– 50	16– 35	–	mijlociu
ML–65	750/570	120–185	70–120	50– 95	–	–
ML–70	850/650	240–300	150–240	120–185	16– 50	mare
ML–80	1 000/760	–	–	240	70–120	15 kV
		B. *Cabluri cu conductoare de aluminiu*				
ML–45	440/320	–	–	–	–	mic
ML–50	580/450	16– 25	–	–	–	–
ML–60	670/510	35– 70	16– 35	16– 25	–	mijlociu
ML–65	750/570	95–150	50– 95	35–50	–	–
ML–70	850/650	185–240	120–185	70–150	16– 50	mare
ML–80	1 000/760	–	240–300	185–240	70–120	15 kV

necesar a se mai adopta două mărimi intermediare de manşoane (ML-50 şi ML-65), precum şi extinderea folosirii manşoanelor speciale de 15 kV (ML—80) la înnădirea cablurilor cu conductoare de aluminiu şi secţiuni mai mari de 150 mm². Se subliniază că manşoanele de tip mic se folosesc numai la cabluri pilot sau de circuite secundare.

Tabela 2

Domeniul de folosire a manşoanelor de derivaţie înguste

Tip manşon		Secţiunea conduct., mm²		Simbol vechi I. 71—56
Simbol	Dimensiuni, mm	Cu	Al	
MDI—40	500/380	—	—	mic
MDI—50	650/505	16—25	—	mijlociu
MDI—60	820/640	35—95	16— 70	mare
MDI—70	900/720	120—150	95—150	—

Tabela 3

Domeniul de folosire a manşoanelor de derivaţie normale

Tip manşon		Secţiunea conduct., mm²		Simbol vechi I. 71—56
Simbol	Dimensiuni, mm	Cu	Al	
MDN—60	550/420	16— 35	16— 35	—
MDN—65	700/522	50—120	50—120	tip B mijlociu
MDN—70	860/640	150—185	150—185	tip B mare

Imbunătăţirea şi modernizarea tehnologiei de montaj

O dată cu determinarea dimensiunilor manşoanelor, s-a căutat a se îmbunătăţi şi moderniza tehnologia de montaj; în această direcţie au fost adoptate următoarele măsuri:

a) Legarea benzilor metalice de protecţie la pămînt o dată cu cămaşa de plumb a cablurilor; în acest scop, benzile metalice se păstrează în interiorul manşonului pe o lungime de 15 mm, independent de secţiunea şi tensiunea cablurilor, se curăţă pînă la luciu metalic şi se cositoresc în vederea lipirii conductorului de legare la pămînt.

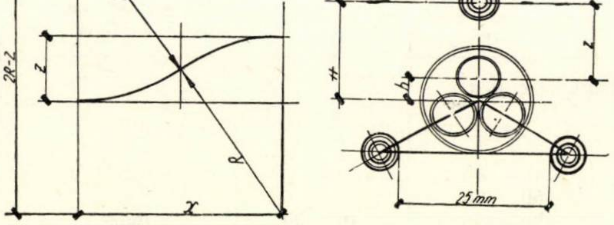


Fig. 2.

b) Lăţimea izolaţiei de centură ce se păstrează (lăţimea inelului) a fost redusă la dimensiunea unică pentru toate secţiunile şi tensiunile, de 10 mm.

c) Curbarea (fasonarea) fazelor să se facă astfel ca raza minimă admisibilă de curbare să nu fie depăşită (fig. 2) [3, 4 şi 5]:

$$R_m = 10 - 12{,}5\,(d + 2\,\Delta_1),$$

în care:

d este diametrul conductoarelor;

Δ_1 — grosimea izolaţiei de fabrică.

În felul acesta se va evita ruperea izolaţiei de hîrtie în timpul fasonării fazelor.

Lungimea porţiunii curbate a fazelor se poate determina uşor cu ajutorul formulei (fig. 2) [3, 4 şi 5]:

$$x = \sqrt{4Rz - z^2},$$

în care

R este raza minimă de curbare;

z — distanţa cu care se depărtează fazele prin fasonare în raport cu poziţia iniţială.

d) De asemenea, în scopul asigurării condiţiilor optime pentru executarea izolaţiei suplimentare peste locul înnădirii, s-a adoptat condiţia ca fazele să fie îndreptate pe o lungime, măsurată de la vîrf, egală cu jumătate din lungimea izolaţiei suplimentare ($N/2$) [3, 4 şi 5].

e) Se păstrează tehnologia de refacere şi îngroşare a izolaţiei după Instrucţiunile 71—56, cu benzi de hîrtie impregnată de 10, 15 şi 20—25 mm lăţime; izolaţia de adaos va avea o formă cilindrică cu lungimea N şi o grosime peste locul înnădirii [6, 7] de circa $2{,}5 \times \Delta_1$, adică:

$$\Delta_2 = 5 \text{ mm la } 6 \text{ kV}$$

$$7 \text{ mm la } 10 \text{ kV}$$

$$10 \text{ mm la } 15 \text{ kV},$$

putîndu-se termina cu două capete tronconice care se situează pe partea curbă a fazelor (fig.5).

Lungimea izolaţiei suplimentare este perfect determinată pentru fiecare secţiune de cablu de lungimea de dezizolare a capetelor fazelor c şi lungimea m de suprapunere a izolaţiei suplimentare peste izolaţia de fabrică, pentru care s-a adoptat următoarea valoare:

6—10 kV, $m = 0{,}5 \times$ lungimea clemei de legătură
15 kV, $m = 1 \times$ lungimea clemei de legătură.

f) Menţinerea secţiunii conductoarelor de legare la pămînt astfel [3, 4, 5, 6 şi 7]:

- pentru cabluri pînă la 35 mm², conductoare de 6 mm²;
- pentru cabluri de 50—120 mm², conductoare de 10 mm²;
- pentru cabluri de 150—240 mm², conductoare de 16 mm².

g) Pentru mărirea productivităţii muncii şi asigurarea unei calităţi superioare, au fost adoptate dispozitive de lucru cu forme de lemn pentru fasonarea fazelor, suporţi metalici pentru susţinerea capetelor de cablu în timpul lucrului, tăvi metalice pentru colectarea deşeurilor şi resturilor de ulei etc. [3, 4 şi 5].

Lucrări experimentale de manşoane

În vederea verificării eficacităţii îmbunătăţirilor studiate pentru aplicarea lor în producţie, au fost executate mai multe manşoane experimentale, care au fost încercate cu tensiune mărită [8, 9].

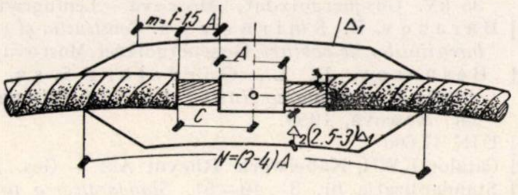


Fig. 3.

Ţinînd seamă de măsura luată de a extinde folosirea manşoanelor de tip mare şi la cablurile cu conductoare de aluminiu de 150 mm², s-a considerat ca deosebit de important de a axa încercările tocmai pe acest tip de manşon.

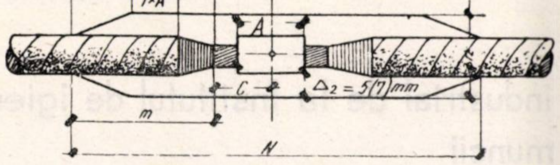


Fig. 4.

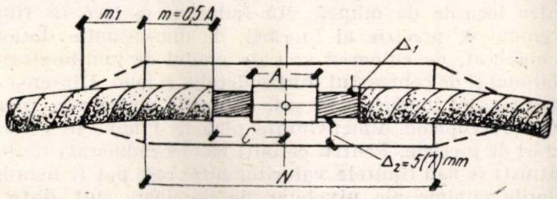


Fig. 5.

Pentru a avea elemente de comparaţie au fost executate trei serii de manşoane de legătură, şi anume:

a) Manşoane executate după tehnologia prevăzută în Instrucţiunile 71—56, extinsă la cablurile cu conductoare de aluminiu de 3 × × 150 mm² 10 kV (fig. 3).

b) Manşoane executate după tehnologia sovietică, cu desfacerea izolaţiei în trepte (fig. 4) [3, 4, 5].

c) Manşoane executate după tehnologia îmbunătăţită, ce se propune pentru adoptare (fig. 5).

Toate înnădirile executate au fost închise în manşoane interioare de plumb (carcase) de tipul celor în uz (I. 71—56), de formă cilindrică cu capetele tronconice.

O parte din manşoanele interioare de plumb au fost umplute cu masă izolantă galbenă, iar altele, pentru aprecierea rigidităţii dielectrice în condiţii de exploatare mai grele, au fost încercate fără a fi umplute cu masă izolantă [8, 9].

N-au fost montate manşoanele de protecţie din fontă la nici unul din manşoanele experimentale, operaţia aceasta nefiind necesară şi neputînd influenţa valoarea şi calitatea încercărilor.

Fiecare manşon experimental a fost supus la următoarele probe:

— măsurarea rezistenţei de izolaţie cu inductorul;

— încercarea în curent alternativ de 50 Hz;

— încercarea în curent continuu.

Încercările au fost efectuate în laboratorul electric al ICME-1 Bucureşti, pe 14 manşoane experimentale de 6 şi 10 kV.

Rezultatele acestor încercări, concentrate în tabela 4, ne-au condus la o serie de concluzii foarte importante.

În primul rînd, a fost verificată, din punctul de vedere al dimensiunilor geometrice şi al rigidităţii dielectrice, valabilitatea tehnologiei de execuţie aplicată la montarea manşoanelor pentru cablurile cu conductoare de aluminiu pînă la 150 mm², pe baza instrucţiunilor de montaj provizorii elaborate la ICME-1.

Actuala gamă de manşoane de fontă şi manşoane interioare de plumb poate fi mult mai economic folosită, prin extinderea domeniilor

Rezultatele încercărilor manşoanelor experimentale *Tabela 4*

Seria	Tensiunea nominală, kV	Felul încercării	Nr. probe	Rezultatele încercărilor			Tipul manşonului
				Durata, min	Tensiunea medie de străpungere	Locul străpungerii	
I	10	în c.a. 50 Hz	2	26	58 kVef	în manşon	I 71—56 cu masă
			1	26	62 kVef	idem	NIIKP cu masă
			1	26	54 kVef	idem	Proiect cu masă
II	10	în c.a. 50 Hz	2	23	60 kVef	în manşon	I 71—56 fără masă
			2	21	48 kVef	idem	NIIKP fără masă
			2	21	52 kVef	idem	Proiect fără masă
III	6	în c.a. 50 Hz	1	25	48 kVef	în manşon	I 71—56 fără masă
			1	25	37 kVef	idem	NIIKP fără masă
			2	25	42 kVef	idem	Proiect fără masă

Notă. Încercările în c. c. au fost împinse, fără străpungere, pînă la 100 kV, limita de lucru a instalaţiei.

de folosire a acestora la cabluri cu secţiuni mai mari, precum şi prin adoptarea unor noi tipuri de manşoane de mărimi intermediare.

În fine, în procesele tehnologice de execuţie se pot include o serie de procedee noi sau îmbunătăţite, menite să asigure atît mărirea productivităţii muncii şi îmbunătăţirea calităţii manşoanelor — şabloane pentru fasonarea fazelor, legarea la pămînt a benzilor metalice de protecţie, executarea izolaţiei de adaos de forma unui cilindru, evitîndu-se curbarea lui, etc. — cît şi economicitatea lucrărilor, prin reducerea dimensiunilor geometrice ale înnădirilor şi manşoanelor de fontă.

Studiile şi experimentările efectuate la ICME -1 au stat la baza elaborării noului standard de stat pentru manşoanele de legătură la cabluri cu izolaţie de hîrtie şi tensiunea de 1—15 kV.

Bibliografie

[1] M. E. E. I.E. Instrucţiunea nr. 71—56.
[2] ICME nr. 1. *Caiete de montaj pentru executarea manşoanelor de legătură.*
[3] Bransburg, E. Z. şi Sohranski, S. T. *Montarea manşoanelor de cabluri subterane pînă la* 35 kV. Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad 1961.
[4] Baranov, B., Smirnov ş. a. *Construcţia şi exploatarea liniilor de cabluri.* Gosenergoizdat, Moscova, 1959.
[5] Besnosov, B. L., Gordeţki S. S. ş.a. *Construcţia şi exploatarea liniilor de cabluri.* Gosenergoizdat, Moscova, 1959.
[6] DIN 47.600
[7] Catalog KWR, Kabelwerk Rheydt Akt. — Ges. R.F.G
[8] Standardizaţia nr. 3—49—51, *Standardizarea manşoanelor de legătură pentru cabluri de* 6—10 kV. Gosenergoizdat, Moscova.
[9] Sohranski, S. T. şi Bransburg, E. Z. *Realizări noi în construcţia manşoanelor pentru cabluri de* 35 kV (traducere din limba rusă). I.D.T. 1960.
[10] Catalog Pirelli. *Cabluri de înaltă şi foarte înaltă tensiune.* Milano, 1959.
[11] *Prescripţii de montaj şi pozarea cablurilor cu manta de aluminiu.* Elektropraktiker, nr. 12, 1959.

Din activitatea laboratorului de iluminat industrial de la Institutul de igienă şi protecţia muncii

Ing. *EUGENIA SUFRIM*

În ţara noastră se realizează o serie de măsuri care au drept scop asigurarea condiţiilor pentru creşterea productivităţii muncii şi pentru desfăşurarea procesului de producţie fără pericol de accidentare. Iluminatul raţional al încăperilor industriale este unul dintre factorii care influenţează în mod direct asupra productivităţii şi securităţii muncii, ceea ce impune ca acesta să satisfacă o serie de cerinţe cu caracter tehnic, igienic şi tehnico-economic. Se consideră că instalaţiile de iluminat satisfac cerinţele de mai sus dacă la realizarea lor se iau în consideraţie, pe lîngă nivelele de iluminare, şi alte condiţii din tehnica iluminatului, care se referă în special la calitatea lui. Prin calitatea iluminatului se înţelege o serie de trăsături care influenţează asupra percepţiei vizuale şi a condiţiilor de vizibilitate de la locurile de muncă. Factorii care influenţează asupra calităţii iluminatului sînt uniformitatea luminii în timp şi spaţiu, indicele de formare a umbrelor, gradul de difuzie şi direcţia luminii, repartiţia strălucirilor în încăpere şi pe planul de lucru, compoziţia spectrală a luminii şi existenţa surselor de orbire în cîmpul vizual.

Calitatea iluminatului se află în centrul preocupărilor laboratorului de iluminat industrial al Institutului de igienă şi protecţia muncii. Lucrările studiate şi cercetate în cadrul acestui laborator au contribuit în mare măsură la ridicarea calităţii instalaţiilor de iluminat existente atît prin informarea factorilor interesaţi asupra acestor probleme, cît şi prin instalaţiile experimentale realizate la diferite locuri de muncă.

Un ajutor preţios în proiectarea instalaţiilor de iluminat artificial din industrie prezintă standardul de iluminat artificial pentru interior, aprobat în decembrie 1962. Redactarea unui material nou era impusă atît de cerinţele iluminatului modern cît şi de faptul că la noi în ţară se fabrică o serie de produse noi, ca lămpi fluorescente, corpuri de iluminat pentru lămpi fluorescente, lămpi cu vapori de mercur, ecrane din material plastic etc., care înlesnesc realizarea unor astfel de instalaţii.

La elaborarea standardului s-au luat în consideraţie datele cercetărilor efectuate în domeniul opticei fiziologice în U.R.S.S. şi alte ţări, precum şi datele obţinute din analiza instalaţiilor de iluminat proiectate şi realizate la noi în ţară.

Una dintre problemele importante cuprinse în proiectul de standard este determinarea nivelelor de iluminare la diferite locuri de muncă. Stabilirea nivelelor de iluminare pentru locurile de muncă din industrie se face în funcţie de gradul de precizie al lucrării, de dimensiunile detaliilor de observat, de culoarea sau de gradul de luminozitate al detaliului şi de contrastul dintre detaliu şi fond. Dimensiunile detaliilor sînt împărţite în şase categorii, dintre care primele trei, care cuprind dimensiunile pînă la 1 mm, se referă la lucrări de precizie. Pentru ceilalţi factori enumeraţi (culoare, contrast) se dau limitele valorilor între care pot fi încadraţi. Valorile minime ale nivelelor de iluminare sînt date atît pentru iluminatul cu lămpi fluorescente cît şi pentru iluminatul cu lămpi incandescente. În continuare se dau indicaţii privitoare la determinarea nivelului de iluminare la locurile de muncă unde există factori suplimentari ce influenţează asupra condiţiilor de vizibilitate, cum ar fi: efort vizual îndelungat în timpul unei zile de lucru, distanţa dintre ochi şi detaliul privit mai mare de 0,5 m, pericol mărit de accidentare, condiţii sanitare speciale.

O deosebită atenţie s-a acordat măsurilor de limitare a strălucirii instalaţiilor de iluminat şi a strălucirii celorlalte suprafeţe din încăpere, astfel încît rapoartele de strălucire obţinute să se poată încadra în limitele admise. Factorii asupra cărora s-a insistat sînt înălţimea de montaj a corpurilor de iluminat, unghiurile de protecţie pentru diferite înălţimi de montaj, valorile coeficienţilor de reflexie ai suprafeţelor din încăpere (plafon, pereţi, utilaj, mobilier, pardoseală), măsurile pentru evitarea efectului strălucirilor reflectate şi valorile factorilor de uniformitate pe planul de lucru şi în încăpere.

Standardul de iluminat cuprinde concluziile cu caracter general obţinute în studiile efectuate anterior în cadrul laboratorului, cum ar fi ,,Studiul iluminatului în halele cu maşini-unelte", ,,Studiul iluminatului în hale înalte", ,,Studiul folosirii culorilor funcţionale în industrie", ,,Folosirea lămpilor fluorescente în industrie", ,,Analiza instalaţiilor de iluminat existente şi criteriile de realizare a instalaţiilor de iluminat", ,,Cercetări privind prelungirea perioadei dintre două curăţiri a instalaţiilor de iluminat", ,,Studiul iluminatului în canalele de lucru din depourile de tramvaie",

„Studiul iluminatului la locurile de muncă dificile din industrie" etc.

Indicaţiile date în standard se referă în special la instalaţiile de iluminat general, care furnizează o lumină satisfăcătoare din punct de vedere cantitativ şi calitativ pentru majoritatea lucrărilor din industrie. Pentru lucrările mai pretenţioase însă, sînt necesare instalaţii de iluminat speciale, concepute în funcţie de caracteristicile pe care le prezintă obiectele observate. În acest sens, în cadrul laboratorului s-au efectuat studii referitoare la sistemele de iluminat local corespunzătoare acestor locuri de muncă.

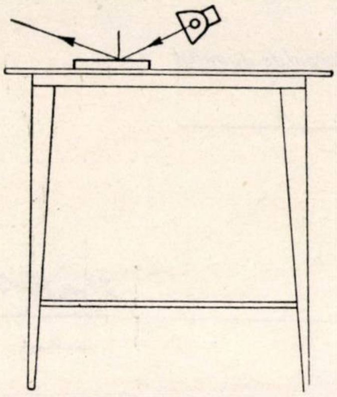


Fig. 1. Iluminat dirijat – lumina reflectată nu coincide cu unghiul de vedere.

Astfel, observarea detaliilor pe o suprafaţă nelucioasă, care reflectă lumina în mod difuz, detaliile fiind difuze, este mult îmbunătăţită dacă se foloseşte un sistem de iluminat dirijat, amplasat lateral sub un unghi convenabil astfel încît sursa de lumină să nu producă orbire directă sau umbre mobile date de obiectele în mişcare (fig. 1). Această situaţie este întîlnită la controlul stofelor, controlul suprafeţei produselor din ceramică neglazurate, a produselor din lemn nelustruit, a pieselor turnate etc. Datorită luminii dirijate, detaliile dau umbre, care prezintă un contrast bun faţă de fondul pe care ele se observă.

Dacă detaliile observate pe suprafaţa difuză sînt lucioase — trasaj pe metal, poansonări, urme de creion sau urme presate pe piei nelucioase, pe hîrtie mată — sistemul de iluminat recomandat este cel dirijat, însă în aceste cazuri sursa de lumină se amplasează astfel încît razele de lumină reflectate de detalii să fie dirijate spre ochi (fig. 2). Detaliile observate apar luminoase şi prezintă un contrast suficient faţă de fond, care rămîne întunecat. În timpul lucrului este necesar să se modifice poziţia suprafeţei observate în plan orizontal, astfel încît detaliile care sînt orientate în diferite direcţii pe suprafaţă să fie toate iluminate.

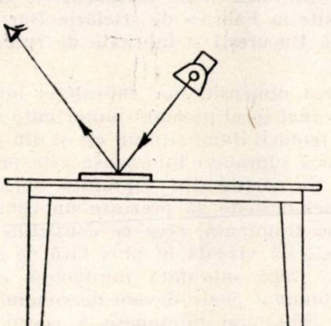


Fig. 2. Iluminat dirijat – lumina reflectată coincide cu unghiul de vedere.

Observarea detaliilor care reflectă în mod difuz lumina primită şi sînt amplasate pe o suprafaţă lucioasă este mult uşurată dacă se foloseşte o sursă de lumină de dimensiuni mari cu strălucire uniformă (fig. 3). Realizarea suprafeţelor luminoase se obţine prin amplasarea surselor de lumină în spatele unor ecrane difuzante, sau prin iluminat indirect. Corpul de iluminat se montează astfel încît imaginea reflectată a sursei de lumină să fie dirijată spre ochi. Imaginea reflectată a suprafeţei luminoase cuprinde o parte suficientă din aria controlată, şi aceasta creează fondul luminos pe care se observă detaliile ce apar mai întunecate datorită coeficientului de reflexie diferit. Aceste condiţii de vizibilitate le întîlnim la toate locurile de muncă unde se lucrează cu produse ce prezintă suprafeţe lucioase — piese metalice fin prelucrate, aparate de măsură (şublere, micrometre, rigle gradate), lemn lustruit, piei, oglinzi, produse din sticlă etc. O atenţie deosebită este necesar să se acorde determinării strălucirii suprafeţei luminoase, care nu trebuie să depăşească valorile cuprinse între 1500 şi 2000 nit. Cu cît coeficientul de reflexie al suprafeţei lucioase este mai mare, cu atît strălucirea suprafeţei luminoase va fi mai mică, şi invers.

Determinarea detaliilor pe o suprafaţă lucioasă, al cărei coeficient de reflexie este foarte apropiat de valorile coeficienţilor de reflexie ai detaliilor, se poate face în condiţii bune dacă pe suprafaţa luminoasă cu strălucire uniformă se aplică un desen format din linii paralele sau concentrice. Desenul din imaginea reflectată a sursei luminoase este modificat în porţiunile unde suprafaţa controlată prezintă neregularităţi, ca ridicături sau adîncituri. Printre produsele care fac parte din această categorie se pot considera plăcile metalice lucioase subţiri, plăcile din material plastic subţiri, colile de hîrtie de calitate superioară etc.

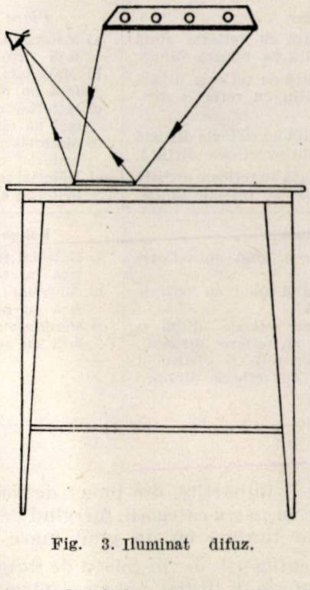


Fig. 3. Iluminat difuz.

În afară de locurile de muncă amintite, mai există situaţii cînd, din cauza detaliilor de natură diferită, este necesar să se folosească sisteme de iluminat combinate. Determinarea rapidă şi cu minimum de efort a detaliilor la produsele transparente clare (sticlă, material plastic) se obţine prin folosirea unui sistem de iluminat dirijat amplasat sub un unghi convenabil pentru determinarea detaliilor de suprafaţă şi o suprafaţă luminoasă difuză amplasată în spatele produselor pentru determinarea crăpăturilor, spărturilor şi impurităţilor din material. Sisteme de iluminat combinate se folosesc şi în cazul cînd pe ţesăturile din bumbac, lînă sau mătase, pe lîngă defecte ca noduri, fire îngroşate, se urmăreşte execuţia corectă a ţesăturii şi desenului, uniformitatea culorilor, petele de ulei etc.

Condiţiile de vizibilitate sînt mult îmbunătăţite la unele locuri de muncă dacă pe planul de lucru se montează în poziţie verticală sau înclinată un ecran luminos cu strălucire uniformă. Montajul aparatelor de radio, montajul diferitelor aparate de măsură, controlul și rectificarea roților dințate, controlul și rectificarea dinților la pînzele de ferăstrău, controlul penițelor, șublerelor etc. sînt numai cîteva din locurile de muncă care pot beneficia de acest sistem de iluminat. Este necesar să se acorde o atenție deosebită determinării strălucirii ecranului luminos și dimensiunilor lui în funcție de caracteristicile iluminatului general existent în încăpere și în funcție de dimensiunile pe care le prezintă obiectele muncii. Cu cît iluminarea dată de instalația de iluminat general pe suprafețele observate este mai mică, cu atît și strălucirea ecranului luminos va fi mai mică, astfel încît ecranul luminos să nu constituie o sursă de orbire în cîmpul vizual al muncitorului. Adoptarea unor străluciri prea mari sau mai mici decît cele necesare poate duce la efecte contrare celor așteptate, prin jena și oboseala vizuală pe care o produc.

Din cele de mai sus reiese că numărul mare de lucrări care se efectuează în industrie poate fi împărțit în cîteva categorii, pe baza caracteristicilor comune pe care le prezintă suprafețele observate (tabela 1), iar sistemele de iluminat corespunzătoare pot fi împărțite, din punct de vedere constructiv și luminotehnic, în patru categorii, mergînd de la lumină foarte dirijată pînă la lumină cu un grad mare de difuzie.

Tabela 1

Nr. crt.	I. Obiecte opace	II. Obiecte – transparente – translucide
1.	*Plane* a) Suprafață cu reflexie difuză și detaliu cu reflexie difuză. b) Suprafață cu reflexie difuză și detaliu cu reflexie dirijată. c) Suprafață cu reflexie dirijată și detaliu cu reflexie dirijată. d) Suprafață cu reflexie dirijată și detaliu cu reflexie difuză.	*Plane* a) Material translucid cu suprafață difuză. b) Material translucid cu suprafață cu reflexie dirijată. c) Material transparent cu suprafață cu reflexie dirijată. d) Material transparent peste un material cu reflexie difuză. e) Material transparent peste un material cu reflexie dirijată.
2.	*Volum* a) Detaliu și fond cu reflexie difuză. b) Detaliu și fond cu reflexie dirijată. c) Fond cu reflexie difuză și detaliu cu reflexie dirijată. d) Fond cu reflexie dirijată și detaliu cu reflexie difuză. e) Contur.	*Volum* a) Material translucid cu suprafață cu reflexie difuză. b) Material translucid cu suprafață cu reflexie dirijată. c) Material transparent cu suprafață cu reflexie dirijată.

Cele patru categorii de instalații de iluminat sînt : 1) instalațiile de iluminat dirijat, care se obțin prin amplasarea lămpilor fluorescente sau incandescente în reflectoare de concentrare, sau folosind sisteme de lentile : 2) instalațiile de iluminat capabile să furnizeze o lumină cu un grad mare de difuzie, care se obțin prin amplasarea lămpilor fluorescente într-un reflector difuzant prevăzut cu un ecran difuzant la partea inferioară, sau prin iluminarea unor suprafețe albe care reflectă lumina în mod difuz spre planul de lucru ; 3) instalațiile de iluminat capabile să asigure lumină cu diferite grade de difuzie și care se realizează amplasînd sursele de lumină fluorescente sau incandescente în reflectoare difuzante fără ecrane la partea inferioară și 4) suprafețele luminoase de dimensiuni mari cu desen.

Se recomandă ca sistemul de iluminat dirijat să se folosească la următoarele grupe de lucrări indicate în tabela 1 : I 1 a ; I 1 b ; II 1 a ; II 1 c ; II 1 d ; II 1 e ; I 2 a, II 2 a ; II 2 c. Sistemul de iluminat cu un grad mare de difuzie este indicat pentru lucrările I 1 c ; I 1 d ; II 1 b ; II 1 e ; I 2 b ; I 2 d ; I 2 e și II 2 c. Corpurile de iluminat fără ecrane difuzante se recomandă pentru grupele de lucrări I 1 a ; I 1 b ; I 1 d ; II 1 a ; II 1 b ; I 2 a ; I 2 c, iar suprafețele luminoase cu desen — pentru grupele I 1 c ; II 1 c ; II 1 d ; II 1 d ; II 1 e ; I 2 b ; II 2 b și II 2 c.

Determinarea strălucirii corpurilor de iluminat ale instalațiilor de iluminat local prezintă importanță deosebită în special la locurile de muncă unde se observă suprafețe lucioase. Prezența în cîmpul vizual a unor străluciri mari influențează în mod negativ asupra vitezei de distingere, asupra stabilității vederii clare și în special asupra sensibilității de contrast a ochiului. Cercetările efectuate de V. V. Meșkov și E. M. Briulova au determinat efectul existenței în cîmpul vizual a unei surse de orbire. S-a constatat că sensibilitatea de contrast, în cazul cînd nu este fenomen de orbire, este de două ori mai mare decît în cazul cînd există orbire. Aceiași cercetători au ajuns la concluzia că efectul strălucirii este și mai mare dacă se efectuează lucrări vizuale foarte fine. R. H. Blackwell a reușit să determine influența strălucirii fondului asupra preciziei vederii și asupra vitezei de distingere a detaliilor în diferite condiții : fond uniform, fond neuniform, detalii circulare, dreptunghiulare, în cruce, detalii cu dimensiuni foarte mici și detalii cu dimensiuni mai mari etc.

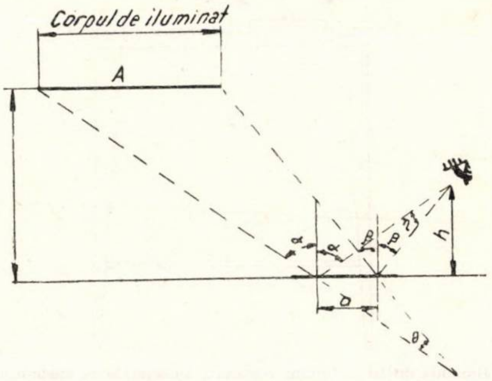


Fig. 4. Determinarea suprafeței luminoase a corpului de iluminat în cazul pieselor plane.

Pe baza datelor obținute de cercetătorii din domeniul opticii fiziologice, cît și pe baza lucrărilor efectuate în laborator referitoare la adaptarea acestor date la condițiile de producție, s-a stabilit ca valoarea strălucirii suprafeței luminoase a corpurilor de iluminat local să fie cuprinsă între 1500 și 2000 nit. Verificarea practică a acestor date s-a putut obține prin realizarea unor instalații de iluminat experimentale folosite la Fabrica de sticlărie București, Uzina de mecanică fină București și fabricile de rulmenți Brașov și Bîrlad.

Determinarea dimensiunilor suprafeței luminoase la corpurile de iluminat local prezintă importanță atît din punctul de vedere al tehnicii iluminatului, cît și din punct de vedere economic. Dacă suprafața luminoasă este prea mică, există posibilitatea ca părțile din suprafața obiectului controlat care rămîn neiluminate să prezinte un contrast prea mare față de partea iluminată, ceea ce constituie un factor care generează oboseală vizuală în plus față de cea dată de lucrarea însăși. Dacă suprafața luminoasă este prea mare, sistemul de iluminat poate deveni neeconomic. Dimensiunile necesare ale suprafeței luminoase a corpului de iluminat se calculează în funcție de dimensiunea suprafeței controlate cît și de forma ei. Pentru suprafețele plane, procedeul de determinare este dat în figura 4, iar relația de calcul este :

$$A = a\left(1 + \frac{H}{h}\right),$$

în care :

A este lățimea suprafeței luminoase ;

a — lățimea suprafeței iluminate ;

H — înălțimea de montaj a corpului de iluminat deasupra planului de lucru ;

h — înălțimea la care se găsește ochiul deasupra planului de lucru.

Pentru suprafeţele curbe, convexe şi concave, procedeul se bazează tot pe legea reflexiei pe oglinzi (fig. 5).

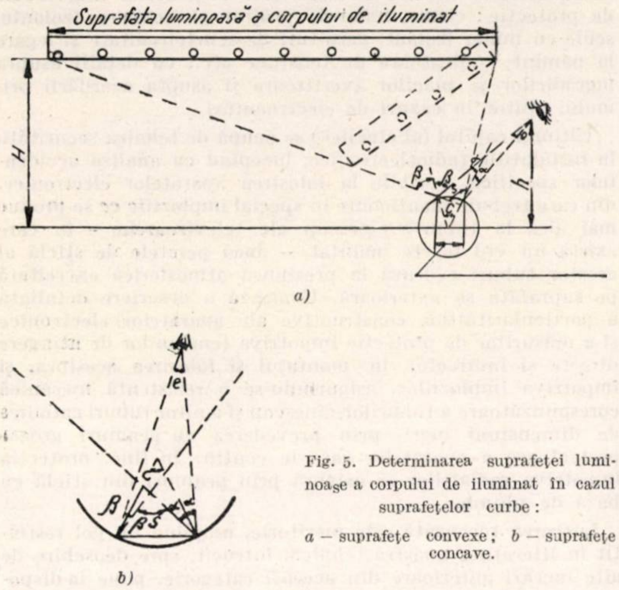


Fig. 5. Determinarea suprafeţei luminoase a corpului de iluminat în cazul suprafeţelor curbe:

a – suprafeţe convexe; *b* – suprafeţe concave.

Relaţia de calcul pentru suprafeţele convexe este:

$$\measuredangle s = 2 \measuredangle c + \measuredangle e,$$

iar pentru suprafeţele concave:

$$\measuredangle s = 2 \measuredangle c - \measuredangle e,$$

în care:

s reprezintă unghiul de cuprindere a suprafeţei luminoase;

c — unghiul la centru, care cuprinde imaginea suprafeţei luminoase;

e — unghiul vizual al imaginii suprafeţei luminoase.

În general, controlul suprafeţelor curbe necesită corpuri de iluminat de dimensiuni mari, cu un număr mare de lămpi. Instalaţia poate deveni mai economică dacă locul de muncă permite o amplasare înclinată a corpului de iluminat (fig. 5 *a*). Se obţine aceeaşi lăţime a imaginii reflectate, însă cu un număr mai mic de lămpi. Condiţiile care se impun în acest caz sînt ca unghiul s să aibă aceeaşi valoare, iar suprafaţa luminoasă să nu constituie o sursă de jenă pentru muncitorul care lucrează la locul de muncă respectiv, cît şi pentru celelalte persoane din încăpere.

Iluminatul industrial este o problemă amplă. În acest material s-a prezentat pe scurt contribuţia adusă de laboratorul de iluminat industrial din cadrul Institutului de igienă şi protecţia muncii la îmbunătăţirea continuă a condiţiilor de muncă din întreprinderile din ţara noastră.

Bibliografie

[1] Saikevici, A. S. *Kacestvo promişlennovo osveşceniia i puti evo povişeniia* Leningrad, Gosenergoizdat, 1962.
[2] *Spravocinaia kniga po svetotehnike.* Ed. Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., 1956.
[3] Glagoleva, T.A. *Osveşcenie stalnîh poverhnostei razlicinoi cistotî obrabotk.* Zbornîc. naucinîh rabot institutov ohranî truda VŢSPS, nr. 2, Profizdat, 1960.
[4] Jainscki, P. *Sensibilitatea de contrast a ochiului uman în cazul diferitelor feluri de lumină.* Lichttechnik 12 (1960), nr. 6, p. 355–359.
[5] Jainscki, P. *Precizia vizuală a ochiului uman în cazul diferitelor feluri lumină.* Lichttechnik 12 (1960), nr. 7, p. 402–405.
[6] *American Standard Practice for Industrial Lighting.* A 11. 1–1952.
[7] *Code de bonne pratique d'éclairage électrique dans l'industrie.* NHB–255, 1052.
[8] Weston, H. C. *Nivele de iluminare raţionale recomandate.* Transactions of the Illuminating Engineering Society 26 (1961), nr. 1, p. 1–16.

RECENZII

M. SUFRIM, M. IONESCU, D. TEODORESCU şi L. SELMEREANU. **Tehnica securităţii în instalaţiile electrice.** Bucureşti, Editura tehnică, 1963, 322 p., 89 fig. 38 tabele.

Întocmită ca lucrare de lămurire, teoretică, şi practică, a prevederilor existente atît în Normele de tehnica securităţii, cît şi în prescripţiile referitoare la instalaţii electrice, manualul „Tehnica securităţii în instalaţiile electrice" se înscrie pe linia lucrărilor similare apărute în literatura tehnică din diferite ţări.

În primul capitol se tratează aspectele generale privind protecţia împotriva accidentelor prin electrocutare, din punct de vedere statistic, cu repartizarea accidentelor după meserii, pe feluri de instalaţii, după locul de muncă şi vîrsta celor accidentaţi. În continuare se studiază efectele trecerii curentului electric prin corpul omenesc şi variaţia rezistenţei acestuia cu diferiţi factori, fizici şi biologici, precum şi condiţiile în care pot avea loc accidentele prin electrocutare, definindu-se tensiunile de atingere şi de pas şi dîndu-se relaţiile pentru calculul curentului prin corpul omenesc, în diferite situaţii ce pot apărea în practică. Pentru tensiunile de pas se dau curbele de variaţie a acestora, în jurul punctelor în care curenţii de defect se scurg la pămînt.

După examinarea sumară a problemei arsurilor electrice, se trece la studiul mijloacelor de bază pentru evitarea accidentelor, definindu-se locurile de muncă, cu grad mic de pericol, periculoase şi foarte periculoase, zonele de manipulare în care omul poate atinge obiecte sub tensiune electrică, împărţirea instalaţiilor după tensiunea folosită şi utilajele electrice: montate fix, mobile şi portative, dîndu-se o atenţie deosebită modului de lucru al acestora din urmă. Capitolul se încheie cu o considerare specială a izolărilor suplimentare de protecţie a utilajelor, respectiv a izolării locului de muncă în funcţie de izolanţii utilizaţi.

Capitolul al doilea, intitulat „Construcţia instalaţiilor şi echipamentelor electrice", cuprinde date asupra modului de execuţie a instalaţiilor electrice din punctul de vedere al protecţiei împotriva atingerilor directe a părţilor aflate în mod normal sub tensiune şi a defectelor de izolaţie care conduc la riscuri de atingeri indirecte. Se indică, în acest sens, distanţele admisibile între conductoare sub tensiune şi piese şi îngrădiri legate la pămînt, înălţimile admisibile asupra solului şi distanţe de la alte obiecte ale liniilor electrice, precum şi condiţii de siguranţă pentru evitarea ruperii şi căderii la pămînt sau pe alte obiecte a conductoarelor lor. Capitolul mai descrie măsurile ce se impun la montarea motoarelor electrice, a condensatoarelor electrice, a instalaţiilor pentru sudarea electrică şi a celor de iluminat electric, pentru evitarea riscurilor de accidente.

În capitolul al treilea se detaliază măsurile de protecţie împotriva tensiunilor de atingere, începînd cu cele aplicate la folosirea utilajelor electrice portative şi intrîndu-se în detalii asupra modului lor de construcţie, a realizării legăturilor de alimentare şi de protecţie a acestora şi a modului lor de manipulare, atît pentru sculele electrice cît şi pentru iluminatul electric portativ. Întrucît în această problemă joacă un rol important utilizarea tensiunilor reduse, de 42, 24 sau 12 V, se tratează în continuare detaliile tehnice ale acestor tensiuni, cu examinarea surselor de producere a acestora şi cu menţionarea specială a transformatoarelor, prin care se obţin, în majoritatea cazurilor, tensiunile reduse.

Mai departe se tratează, pe scurt, separarea de protecţie, cu legarea cîte unui singur utilaj pe circuitul secundar al unui transformator cu raport de transformare 1/1, precum şi izolarea suplimentară de protecţie, realizată fie ca izolare specială de protecţie a echipamentului electric, fie ca izolare a amplasamentului respectiv de lucru.

Extensia cea mai mare s-a dat, în acest capitol, protecţiilor prin legare la pămînt şi prin legare la nul. Pentru ambele feluri de protecţie se enunţă principiile de bază şi se dau relaţiile de calcul pentru curenţii de scurgere (de defect) pentru tensiunile de atingere şi pentru rezistenţele de dispersie prin pămînt ale instalaţiilor respective de protecţie, cu exemple de calcul referitoare la punerile la pămînt simple şi pentru scurtcircuite bifazate prin pămînt.

Mai departe se dau indicaţii foarte detaliate asupra modului de execuţie a instalaţiilor de legare la pămînt şi materialelor utilizate în acestea, cu o atenţie specială acordată instalaţiilor cu conductoare de protecţie sau de nul, pentru protejarea instalaţiilor electrice de pe şantierele de construcţii. În acelaşi capitol se tratează, în detaliu, principiile de realizare şi modul de execuţie a instalaţiilor de legare la pămînt din instalaţiile electrice cu tensiuni de 1 kV şi mai mari (de înaltă tensiune), precum şi problema folosirii în comun a instalaţiilor de legare la pămînt în înaltă şi joasă tensiune, cu detalierea principiilor expuse, în acest sens, în STAS 6616-62. În ceea ce priveşte problema protecţiei prin legare la nul, se expune, de asemenea, principiul de bază al acesteia, constînd în deconectarea automată a sectorului de instalaţii defect, în cazul unei atingeri între fază şi nul, cu indicarea măsurilor ce trebuie luate cînd această condiţie nu se poate obţine decît cu investiţii exagerate. Se atrage totodată atenţia asupra pericolului pe care-l comportă inversarea accidentală a nulului cu un conductor de fază, întrucît în acest mod se dă tensiune pe carcasele prevăzute a fi legate la nul; de asemenea se dau indicaţii asupra utilizării conductorului separat de nul de protecţie.

Urmează un subcapitol detaliat despre protecţia prin deconectarea automată a sectoarelor de instalaţii defecte, în cazul apariţiei unor tensiuni de atingere periculoase (PTA) sau a unor curenţi de defect periculoşi (PCD), pentru ultima realizare descriindu-se tipurile de întreruptoare utilizate, bazate pe tensiune homopolară şi pe curenţi operativi sau pe scheme diferenţiale.

Capitolul se încheie cu principiile de calcul şi de execuţie a prizelor de pămînt — dîndu-se o atenţie deosebită folosirii prizelor de pămînt naturale — precum şi cu indicaţii asupra verificărilor prizelor de pămînt, cu măsurarea rezistenţelor prizelor de pămînt, a rezistivităţii solului, şi asupra măsurătorilor directe şi indirecte ale tensiunilor de atingere şi de pas.

În capitolul al patrulea se tratează despre organizarea locului de muncă şi despre eşalonarea folosirii mijloacelor individuale de protecţie, în scopul realizării unei securităţi depline a personalului, atît în executarea lucrărilor de exploatare propriu-zise cît şi în a celor de reparaţii şi montaje, în instalaţiile electrice de curenţi tari. Se descriu, în acest sens, cerinţele corespunzătoare privind pregătirea şi calificarea personalului şi măsurile prevăzute în Normele de tehnica securităţii în instalaţii cu tensiuni peste şi sub 1 000 V, cu întreruperea tensiunii sau subtensiunii.

Capitolul se încheie cu descrierea mijloacelor individuale de protecţie: cizme, mănuşi, prăjini şi covoare izolante, scule cu mîner izolant, garnituri de scurtcircuitare şi legare la pămînt, indicatoare de tensiune etc., cu detalii asupra îngrădirilor şi plăcilor avertizoare şi asupra acordării primului ajutor în cazuri de electrocutări.

Ultimul capitol (al cincilea) se ocupă de tehnica securităţii în instalaţiile radioelectronice, începînd cu analiza accidentelor specifice, posibile la folosirea aparatelor electronice, din care trebuie menţionate în special imploziile ce se produc mai ales la tuburile-cinescop ale televizoarelor — în care există un vid foarte înaintat — dacă peretele de sticlă al acestor tuburi cedează la presiunea atmosferică exercitată pe suprafaţa sa exterioară. Urmează o descriere detaliată a particularităţilor constructive ale aparatelor electronice şi a măsurilor de protecţie împotriva tensiunilor de atingere directe şi indirecte, în montajul şi folosirea acestora, şi împotriva imploziilor, asigurîndu-se o rezistenţă mecanică corespunzătoare a tuburilor-cinescop şi a altor tuburi catodice de dimensiuni mari, prin prevederea cu geamuri groase protectoare a aparatelor care le conţin. În fine, protecţia împotriva radiaţiilor se asigură prin geamuri din sticlă cu bază de plumb.

Lucrarea recenzată este meritorie, umplînd un gol resimţit în literatura noastră tehnică, întrucît, spre deosebire de alte lucrări anterioare din aceeaşi categorie, pune la dispoziţia proiectanţilor, executanţilor şi organelor de exploatare a instalaţiilor electrice date suficiente pentru a se putea orienta în alegerea mijloacelor de protecţie împotriva accidentelor prin electrocutare. Pentru echilibrarea conţinutului, capitolele respective ar fi trebuit să fie completate cu măsuri specifice pentru instalaţiile din gospodării individuale — şi în special din cele rurale — pentru instalaţiile de telecomunicaţii cu fir şi de tracţiune electrică.

Lucrarea prezintă, de asemenea, lipsuri de omogeneitate, în sensul că tratarea cap. II — care de fapt trebuia plasat după cap. III — este relativ sumară, iar în cap. IV, în locul repetării prevederilor din Normele de tehnica securităţii, era mai indicată lămurirea şi justificarea lor în detaliu. În schimb, în cap. V s-a intrat prea mult în amănuntele încercărilor aparatelor electronice, depăşindu-se, din acest punct de vedere, cadrul unei lucrări de tehnica securităţii.

Lucrarea a apărut cu o serie de greşeli, necorectate prin erată, din care menţionăm: în primul tabel de la cap. II, p. 59 — distanţa minimă între conductori la 220 kV — şi între aceştia şi pămînt — în instalaţii exterioare, 120 cm, în loc de *200* cm, cît este corect; la *Concluzii*, p. 117 — „reţelele legate la pămînt", în loc de „reţelele *izolate faţă de pămînt*"; la cap. V, p. 283 — „ în general se consideră că aparatele electrice, cu excepţia celor radiologice, nu prezintă pericole", cînd în realitate este vorba aici de aparate *electronice*. Întrucît asemenea greşeli necorectate pot conduce la confuzii cu urmări relativ grave în rîndurile proiectanţilor sau ale beneficiarilor de aparate neiniţiaţi, care urmăresc lucrarea, este de dorit ca în ediţia următoare să se revizuiască şi să se elimine toate greşelile de acest fel.

Ing. **Vlad Rădulescu**

DOCUMENTARE

Energetică generală

Grinevici, G. A. **Scopul şi principiile studiului caracteristicilor regimului resurselor energetice neperisabile.** Lucrările Institutului de energetică şi automatică al Academiei de ştiinţe a R.S.S. Uzbece, tom 1963, p. 6—22.

Sînt analizate sarcinile şi principiile metodologice ale cercetării resurselor energetice avînd un caracter neperisabil. De asemenea sînt evidenţiate unele caracteristici comune cît şi aspecte particulare fiecărei resurse energetice din această categorie. Se analizează aprecierile probabilistice ale parametrilor iniţiali hidrometeorologici, dîndu-se bazele teoretice ale caracteristicilor de calcul al repartiţiei mărimilor hidrometeorologice. De asemenea se indică principiile aprecierii proprietăţilor structurale ale proceselor geofizice. În încheiere se dau bazele raionării caracteristicilor de calcul climatologice şi hidrologice în vederea întocmirii cadastrelor hidro-, eolo- şi helioenergetic.

d. bf.

Golding, E. W. **Executarea şi exploatarea microcentralelor electrice izolate utilizînd resurse energetice locale.** Mach. Lloyd Overseas Ed. **35** (1963), nr. 5, p. 23—27

În articol se dă o analiză tehnico-economică comparativă a microcentralelor electrice utilizînd resurse energetice neclasice. Pentru o mai clară analiză, se indică, ca termen de comparaţie, soluţia alimentării cu energie electrică prin intermediul unei linii electrice aeriene. Costul acesteia din urmă pentru tensiuni de 11—33 kV (tensiuni normalizate în Anglia pentru reţele electrice aeriene rurale) este de 625—1250 lire/km. Începînd cu cîteva zeci de km şi mai mult, liniile electrice aeriene ies din competiţie, cota care ar reveni preţului de cost al energiei depăşind 10 pens/kWh. S-a luat în considerare satisfacerea unui consum de 300-500 kW. În cazul grupurilor Diesel cu puteri de ordinul 10-500 kW, cota ce revine combustibilului (odată transportat şi acumulat în rezervoare) depăşeşte 5 pens/kWh, la care se adaugă o exploatare şi întreţinere foarte scumpe şi cu personal calificat. Instalaţiile energetice solare sînt într-o fază incipientă de experimentare, costurile fiind încă foarte ridicate (16 lire/m^2 de receptor). Un accent deosebit se pune pe instalaţiile eoliene, care au dat rezultate pozitive. În etapa actuală, cînd producţia grupurilor eoliene nu se realizează încă în serii mari, costurile ating 100 lire/kWi la instalaţii de peste 100 kW şi 300 lire/kWi la instalaţii sub 100 kW. Sînt amplu analizate două centrale electrice eoliene de 25, respectiv 100 kW, care se găsesc cu succes în exploatare de trei ani.

d. bf.

Electroenergetică

Tavhelidze, N. N. **O nouă fundaţie adîncită pentru stîlpii liniilor electrice aeriene străbătînd zone inundabile.** Elektriceskie stanţii **34** (1963), nr. 8, p. 75—76.

La traversarea unui rîu de munte cu o linie electrică aeriană de 110 kV dublu circuit, pe stîlpi metalici, datorită modificării albiei rîului, s-a impus realizarea unui tip nou de fundaţie în locul tipului existent, incapabil de a rezista în noile condiţii create. Spre deosebire de cazul frecvent întîlnit în practică, cînd se execută fundaţii de tip cheson, costisitoare, greu de realizat şi în multe cazuri nerespectînd adîncimea prevăzută în proiect, se prezintă fundaţia propusă de autor, care a dat rezultate satisfăcătoare. Noul tip de fundaţie adîncită, executată după sistemul tubing, este compusă din patru ţevi, avînd diametrul de 8—10" şi grosimea peretelui de 10 mm. Lungimea ţevii este de 10—11 mm. Cele patru ţevi sînt legate între ele printr-un bandaj de beton, avînd o înălţime de 2 m şi o grosime de 60 cm. După introducerea în roca sănătoasă, în ţevi s-a turnat beton marca 300. Ulterior refacerii fundaţiilor celor şapte stîlpi, cursul apei s-a modificat din nou, astfel încît a spălat fundaţia unuia dintre stîlpi pînă la 3 m adîncime (bandajul de beton plus 1 m din ţevi). Cu toate acestea, nu s-au constatat deformaţii la stîlp. Din calcul rezultă o comportare satisfăcătoare pentru cazul că efectul de spălare ar avansa nu mai mult de 6 m adîncime (cei 4 m rămaşi în sol ar continua să asigure stabilitatea construcţiei). Metoda descrisă, care s-a dovedit superioară din punct de vedere tehnico-economic, se preconizează să fie extinsă.

d. bf.

Dubrovski, N. M. şi **Neşta**, G. F. **Balansarea conductoarelor liniilor electrice aeriene.** Elekriceskie stanţii **34** (1963), nr. 8, p. 76—78.

După o perioadă caldă (+5°C...+18°C), de acalmie, între 5.III şi 8.III 1962, în regiunea Dnepropetrovsk s-a observat o intensificare a vitezei vîntului pînă la 16—20 m/s (sub un unghi de 45—70° faţă de axa liniei), care a făcut ca temperatura să scadă la —2...—4°C. Ca urmare a scăderii temperaturii, în 9.III 1962 s-a depus pe liniile electrice aeriene de 35—330 kV chiciură şi a urmat o puternică balansare pe verticală a conductoarelor, care a durat 30 ore, de la ora 7 (9.III) pînă la ora 13 (10.III), afectînd 15 linii, din care două dublu circuit, dispuse într-o zonă de 80×200 km. Ca rezultat al balansării, RAR a funcţionat pe şapte linii de 150—330 kV de 24 ori, din care de 15 ori fără rezultat, iar trei linii (150, 220 şi 330 kV) au suferit avarii la cleme şi la lanţurile de izolatoare. Analizînd cazurile de balansare ce au avut loc şi în alţi ani, cît şi faptul că chiciura nu se depune uniform (respectiv deschiciurarea naturală nu are loc uniform), se consideră că:

— În zonele meteorologice II şi III din sud-vestul Ucrainei, cu variaţii mari ale temperaturii aerului şi depuneri de chiciură simultane cu viteze mari ale vîntului (25—30 m/s), este necesar ca la stîlpii de susţinere dublu circuit ai liniilor de 150—330 kV să se mărească distanţa pe verticală dintre faze şi pînă la stîlp, ceea ce face ca să se evite încălcarea conductoarelor în cazul balansării şi al depunerilor de chiciură sau zăpadă moale neuniforme;

— la executarea liniilor electrice aeriene importante de 150—500 kV, echipate cu conductoare de secţiune mare, să fie interzisă fixarea lanţurilor de izolatoare de susţinere cu cleme tip 2CK-8 cu role, şaibă şi şplint, deoarece nu este suficient de flexibilă şi la balansări mari se deformează. Se recomandă utilizarea clemelor cu gheare cu capetele filetate cu piuliţă şi şplint, ceea ce asigură o mobilitate a lanţului de izolatoare, elimină posibilitatea forfecării şplintului, alunecarea în afară a rolelor şi deci deformarea clemelor.

d. bf.

Acoperirea izolatoarelor liniilor electrice cu pastă siliconică. Energetyka, nr. 9, 1963, p. 273—277.

Izolatoarele liniilor şi staţiilor aflate în regiunile industriale în care există cantităţi mari de praf se acoperă după un timp scurt cu un strat de praf care modifică caracteristiile dielectrice ale izolatoarelor. Curăţarea izolatoarelor de praf este laborioasă şi costisitoare. Pentru preîntîmpinarea descărcărilor electrice cauzate de straturile de praf, izolatoarele sînt acoperite cu pastă siliconică, care este foarte hidrofobă şi are o conductivitate electrică foarte mică. Experienţele efectuate au arătat că izolatoarele fără pastă siliconică sînt străpunse la tensiuni de circa 300 kV, iar cele acoperite cu pastă siliconică nu sînt străpunse decît la tensiuni de circa 500 kV. Aplicarea pastei siliconice pe suprafaţa izolatoarelor se poate face prin cufundare, prin ungere cu o cîrpă sau cu o pensulă, sau prin pulverizare. Pe lîngă pastele siliconice fabricate în Anglia sau în Statele Unite, în ultima vreme a apărut pasta siliconică „Silonit", fabricată în R.P. Ungară, care este aplicată în straturi cu grosimea de 0,02—0,1 mm. Pentru un izolator suspendat al unei linii de 110 kV se consumă circa 30...100 g pastă. Costul pastei fabricate în R.P. Ungară se ridică la circa 19 ruble/kg.

a.s.

Termoenergetică

Reimer, H. **În legătură cu proiectarea instalațiilor mecanice ale centralelor cu acumulare, avînd aer ca fluid activ.** Energie **15** (1963), nr. 1, p. 17—22.

Concepția turbinelor cu aer pentru centrale cu acumulare de aer se deosebește în unele privințe de aceea a turbinelor cu gaze obișnuite, ținînd seamă în special de următoarele:

— compresia și destinderea aerului nu au loc concomitent;

— presiunea aerului înaintea turbinei variază, datorită scăderii presiunii din acumulator.

Acumulatoarele de aer trebuie să aibă volume foarte mari. De aceea, din punct de vedere economic, nu pot fi realizate recipiente sub presiune și nici nu pot fi create caverne subterane. Se pot utiliza mine de cărbuni sau mine de sare dezafectate, care de obicei sînt etanșe. Pentru o bună utilizare a spațiului se vor folosi presiuni cît mai mari, 20 at și mai mult. Pe de altă parte, și golirea acumulatorului pînă la presiunea atmosferică nu este posibilă, deoarece adesea stratele de acoperire nu sînt etanșe la apă și trebuie menținută o anumită presiune pentru împiedicarea pătrunderii de apă.

Centralele cu acumulare de aer, spre deosebire de centralele hidroelectrice cu acumulare, dau posibilitatea producerii unei cantități mai mari de energie decît s-a consumat la comprimare, deoarece se poate adăuga căldură înaintea procesului de destindere. Această posibilitate trebuie folosită pentru a compensa efectul scăderii presiunii la descărcarea acumulatorului.

Schemele circuitului instalației prevăd antrenarea compresorului de către un motor separat sau de un motor-generator. În general însă, puterea în ciclul generator este mai mare, și deci s-ar funcționa neeconomic în ciclul motor. Combinarea turbinei cu compresorul, asemănător cu modul de funcționare a centralelor hidroelectrice cu acumulare, nu este posibilă.

a. m.

Eickemeyer, H. **Centrală termoelectrică de 150 MW pe păcură, cu ieșirea de la coș la cota 1240 mdm.** Energie **15** (1963), nr. 1, p. 22—24.

Pentru evitarea infectării atmosferei cu bioxid de sulf, la o centrală termoelectrică cu condensație, care se construiește în Elveția, pe valea Ronului, în vecinătatea unei rafinării de țiței, s-a găsit o soluție specială pentru evacuarea gazelor de ardere. Centrala este prevăzută să intre în funcțiune la începutul anului 1966, avînd în prima etapă o putere instalată de 150 MW, în două unități. Durata de utilizare a puterii instalate se preliminează la 3000—4000 h/an. Apreciindu-se că nici un coș înalt de 200—300 m nu ar asigura împrejurimile împotriva primejdiei gazelor de ardere și considerînd o astfel de construcție și necorespunzătoare din punct de vedere estetic, centrala s-a amplasat în vecinătatea peretelui muntos care formează malul stîng al Ronului în regiunea amplasamentului. În acest perete va fi construit coșul, care va avea o înălțime activă de 1000 m și va avea ieșirea la înălțimea de 1240 m deasupra nivelului mării. Coșul va fi construit din tronsoane de beton armat, ancorate în peretele muntos, una din problemele grele fiind aceea a temperaturii necesare gazelor la evacuare. Calculînd cu o lungime efectivă de 920 m (de la ieșirea din cazan) și 0,3 grd/m răcirea gazelor, înseamnă că temperatura la ieșirea din cazan trebuie să fie de 450°C, pentru ca la gura coșului să mai fie de 180°C, pentru evitarea coroziunilor. Se crede totuși că, în căminul din munte în care va fi construit coșul, pierderea de temperatură va fi mult mai mică, datorită calităților bune de izolare a aerului. Costul coșului va ridica investiția în centrală de la 80 milioane la 100 milioane franci elvețieni. Costul energiei electrice va fi de 3,5 Rp/kWh (1 Rp = 0,01 franci elvețieni), față de 7 Rp/kWh energie hidroelectrică. Coșul ridică costul kWh numai cu 0,5 Rp/kWh.

a.m

Cargill, R.W., Smith, J., Strimbeck, D.C. și Bankhead, H. R. **Alimentarea cu cărbune a unei turbine cu gaze.** Combustion **34** (1963), nr. 10, p. 48—52.

Sînt în curs de reluare experimentările cu turbine cu gaze în circuit deschis, alimentate cu praf de cărbune. Scopul lucrărilor este găsirea unei turbine potrivite pentru producerea energiei electrice în centrale pe cărbuni, fie singure, fie în combinație cu cicluri cu abur. Sînt în curs pregătirile unei probe de 1500 h pe un agregat instalat pe o locomotivă, care a fost cu ani în urmă agregatul pe care urma să se încerce noul principiu de funcționare. Scopul principal al probelor este încercarea noilor palete de turbine, concepute pentru a rezista eroziunii cenușii. Pentru aceste încercări, s-a adoptat o pompă de cărbune, lucrînd sub presiunea de aer de 3,5—5,7 at, cerută de limitele de funcționare a turbinei. Cantitatea de cărbune livrată de pompă variază între 480 și 2500 kg/h cărbune, pentru turații variind de la 5 la 25 rot/min. Cărbunele conține 3% umiditate și 6% cenușă, finețea de măcinare corespunzînd unui rest de 10% pe sita de 80 ochiuri pe cm (200 ochiuri pe țol). Încercările preliminare cu pompa de cărbune au arătat că ar trebui să funcționeze satisfăcător în timpul probei de 1500 h a turbinei. Această probă va da informații asupra posibilităților de funcționare a acestui echipament pe perioade lungi.

a.m.

Knecht, H. și Wolin, R. C. **Caracteristici ale cazanului pentru grupul de 1 000 MW de la Ravenswood.** Combustion **34** (1963), nr. 10, p. 34—38.

Pentru cazanul grupului de 1000 MW s-a ales sistemul cu circulație forțată, ținînd seamă de gradul mare de disponibilitate al unor astfel de unități. De la început, cazanul urma să fie prevăzut cu două focare. Cerința de mare siguranță în exploatare a blocului a impus examinarea posibilității construcției în așa fel, încît la nevoie numai unul dintre focare să fie în funcțiune. S-a găsit că acest lucru este tehnic posibil și economic justificat. Fiecare focar care are cîte un perete despărțitor ce se întinde însă numai pe extremități, circa 50% la mijloc fiind liber, este adînc de circa 11 m, lat de 19,6 m și înalt de 42,4 m. Focarele vor lucra sub presiune, pereții fiind realizați din țevi cu nervuri sudate între ele. Țevile au 30 mm diametru, distanța între ele fiind de 54 mm. Inițial, cazanul urma să consume drept combustibil principal cărbune și păcura drept combustibil auxiliar. În prezent, păcura este combustibilul principal, dar întreaga instalație se va prevedea cu elementele necesare funcționării ulterioare pe cărbune. La sarcina maximă, cazanul va livra 2950 t/h abur la 182 at, 538°C. La supraîncălzitorul intermediar sosesc 2720 t/h abur la 44 at, 342°C, părăsindu-l la 42 at, 538°C. Temperatura de preîncălzire a apei de alimentare este de 255°C. Presiunea maximă pentru care s-a proiectat cazanul este de 211 at. Fiecare focar are tamburul și sistemul său de circulație propriu; de asemenea, fiecare focar are conducte proprii de aer și gaze de ardere. Volumul deosebit de mare al acestei unități poate fi apreciat după cantitățile de țevi folosite: 306 km pentru supraîncălzitoare, 58,5 km pentru supraîncălzitoarele intermediare, 92 km pentru preîncălzitoarele de apă și 123 km pentru pereții cazanelor. Apa de alimentare va fi asigurată de condensatul turbinei, cu cele mai severe măsuri pentru evitarea intrărilor de apă brută. Apa de adaos va fi asigurată printr-o instalație de demineralizare totală. Se va da o atenție specială conținutului de bioxid de siliciu din circuit. În apa de cazan se va admite un conținut maxim de 0,4 mg/l SiO_2. Înainte de porniri, cazanul va fi spălat alcalin și apoi acid. Se va repeta o spălare acidă după cîteva săptămîni de la punerea în funcțiune. În cazul golirilor cazanului, acesta se va umple cu azot, pentru excluderea pătrunderii oxigenului la suprafețele cazanului.

a.m.

Jones, E. H. **Încercări de pornire rapidă la un bloc de 120 MW, cu supraîncălzire intermediară.** Elektrizitätswirtschaft **62** (1963), nr. 10, p. 351—356.

Pentru acoperirea variațiilor sarcinii zilnice, este necesar ca centralele termoelectrice cu abur să poată fi încărcate cît de repede. În anumite țări, la contractarea marilor centrale se pune condiția efectuării unor încercări care să dovedească funcţionarea sigură la o exploatare în două schimburi, cu opriri zilnice.

Astfel de încercări, ca încercările de pornire rapidă, au fost efectuate cu un bloc de 120 MW, cu supraîncălzire intermediară. Cazanul de 390 t/h, 112 at, 543°C, cu supraîncălzire intermediară la 540°C, este echipat cu cinci mori de praf de cărbune, dintre care una de rezervă. Turbina, de 120 MW, la 3000 rot/min, este pe un singur ax şi are trei corpuri, corpul de joasă presiune avînd dublu flux. Conductele de abur viu şi abur supraîncălzit intermediar sînt duble, dispuse simetric faţă de axul cazanului.

Încercările s-au efectuat cu instrumentele de măsură ale blocului, la care s-au adăugat o serie de termoelemente pe conductele de abur viu şi supraîncălzit intermediar. La turbină, în afară de măsurările temperaturilor metalului şi aburului, s-au mai măsurat:

— excentricitatea arborelui de înaltă şi medie presiune;
— dilatarea relativă;
— poziţia axială a arborelui;
— dilataţiile carcaselor;
— vibraţiile suporţilor palierelor.

Încercările de pornire la cald, după oprirea de noapte de 6 ore, au fost repetate de mai multe ori, îmbunătăţindu-se de fiecare dată indicii şi scurtînd timpii operaţiilor succesive, pînă la limitele admise de constructori. Concluziile cu recomandările pentru porniri au fost:

La pornirea după 6 ore

1. Mărirea vidului turbinei în timpul încălzirii cazanului.
2. Pornirea turbinei cu abur de maximum 84,5 at şi cu minimum 426°C.
3. Ajungerea la turaţia de sincronism în 6 minute.
4. Încărcarea blocului cu 20 MW îndată după sincronizare:
   — încărcarea de la 20 MW la 80 MW cu 10 MW/min;
   — încărcarea de la 80 MW la 120 MW cu 4 MW/min.
5. Creşterea continuă a temperaturilor aburului viu şi aburului supraîncălzit intermediar, pînă se ating valorile nominale la plină sarcină.

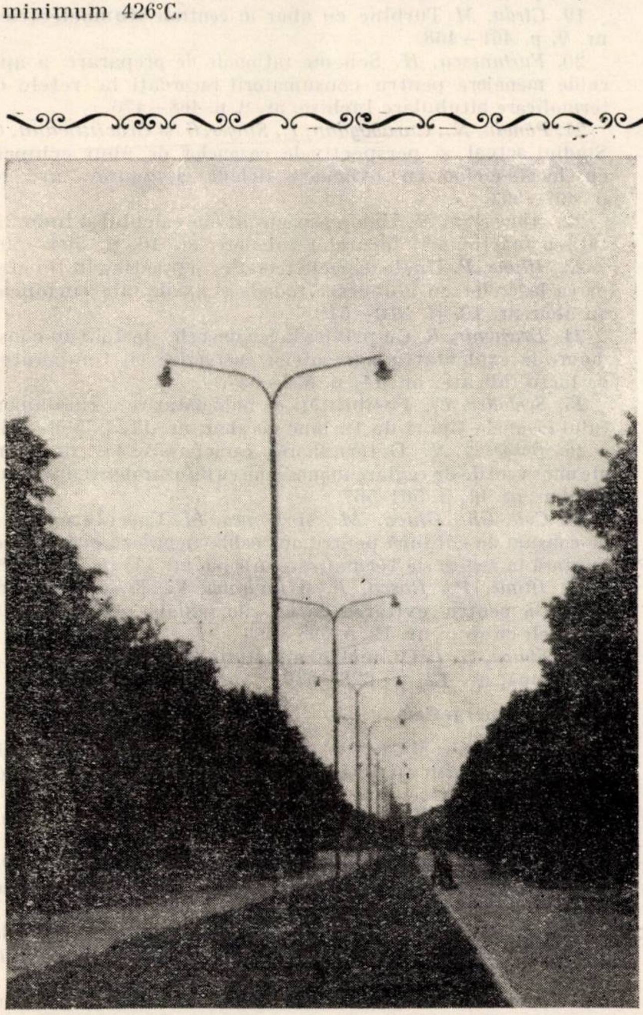
Întreaga operaţie, de la aprinderea arzătoarelor şi pînă la plină sarcină, durează 43 min.

La pornirea după 42 ore (sfîrşitul săptămînii)

1. Vidul în turbină trebuie să fie 635 Torr înaintea deschiderii ventilelor cazanului.
2. Turbina se porneşte cu abur de 42 at şi cu temperatură de maximum 315°C.
3. Se atinge turaţia de 2100 rot/min în 10 min şi 3000 rot/min în alte 5 min.
4. După sincronizare, blocul se încarcă cu 5 MW:
   — încărcarea de la 0 la 12 MW cu 0,5 MW/min;
   — încărcarea de la 12 la 24 MW cu 1 MW/min;
   — încărcarea de la 24 la 60 MW cu 2 MW/min;
   — încărcarea de la 60 la 90 MW cu 3 MW/min;
   — încărcarea de la 90 la 120 MW cu 4 MW/min.
5. Temperaturile cresc continuu pînă la valorile nominale.

Întreaga operaţie durează 72 min.

a. m.



IDEB

Întreprinderea de distribuire a energiei electrice București

ILUMINAT PUBLIC

E 2039

Cuprinsul revistei „Energetica" vol. 11 (1963)

I. Articole de fond și redacționale

1. *Stăncescu, I. D.* Realizări și tendințe noi în domeniul energeticii, nr. 1, p. 1—6.

2. *Georgescu, A.* Importanța lucrărilor CIGRE pentru specialiștii din țara noastră, nr. 3, p. 93—94.

3. *Constantinescu, E.* și *Groza, L.* Lucrările celei de-a 19-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE), nr. 3, p. 95—101.

4. *Gheorghiu, N.* Realizări și sarcini în tehnica iluminatului, nr. 4, p. 141.

5. *Groza, O.* și *Mihăileanu, C.* Lucările celei de-a 6-a sesiuni plenare a Conferinței Mondiale a Energiei, nr. 5, p. 193—224.

II. Articole economice și tehnico-organizatorice

1. Consfătuirea privind regimul apei la cazanele de abur cu parametri înalți din centralele electrice— București, 25—27 oct. 1962, nr. 2, p. 57—58.

2. *Munteanu, R.* Realizările CTE Paroșeni în legătură cu funcționarea sigură și economică, nr. 6, p. 241—246.

3. A III-a sesiune de comunicări tehnico - științifice a Institutului de studii și proiectări energetice — martie 1963, nr. 7, p. 289—291.

4. Prima sesiune tehnico-științifică a Intreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME) — mai 1963, nr. 7, p. 351—352.

5. *Bălan, Gh.* Aportul IRME în introducerea tehnicii noi în sectorul energetic, nr. 7, p. 353—359.

6. *Adămuț,* I. și *Popa, B.* Eficacitatea tehnico-economică a mijloacelor de protecție a liniilor de 110 kV contra supratensiunilor atmosferice, nr. 8, p. 421—427.

7. *Măcriș, A.* Alegerea mecanismelor principale necesare mecanizării montajului de centrale termoelectrice, nr. 8, p. 432—439.

8. *Cogălniceanu, A.* Repartiția investițiilor și cheltuielilor anuale ale amenajărilor complexe între folosințele beneficiare, nr. 9, p. 449—461.

9. *Guțu, C., Petcu, M.* și *Soci, A.* Calculul efectelor economice ale întreruperilor electrice accidentale, nr. 10, p. 525—531.

III. Energetică generală

1. *Stăncescu, I. D.* Realizări și tendințe noi în domeniul energeticii, nr. 1, p. 1—6.

2. *Groza, O.* și *Mihăileanu, C.* Lucrările celei de-a 6-a sesiuni plenare a Conferinței Mondiale a Energiei, nr. 5, p. 193—224.

3. *Bernfeld, D.* Importanța resurselor energetice neclasice în lumina lucrărilor primei Conferințe pentru utilizarea noilor surse de energie, de la Roma, nr. 5, p. 225—229.

4. *Rothman, A.* Stadiul actual și dezvoltarea sistemului energetic englez, nr. 5, p. 233—238.

5. *Cîrdu, M.* Turbine cu abur în centrale atomoelectrice, nr. 9, p. 461—468.

IV. Termoenergetică

1. *Iftime, P.* Aspectele fenomenului de fluaj în centralele termoelectrice cu parametri înalți, nr. 1, p. 7—19.

2. *Stanisavlievici, L.* Tendințe actuale în tratarea apei pentru cazane, nr. 2, p. 59—60.

3. *Negulescu, L.* Concepții moderne în fixarea regimului chimic al apei la cazanele de abur cu parametri înalți și foarte înalți, nr. 2, p. 61—63.

4. *Fodor, C.* Probleme legate de proiectarea instalațiilor de demineralizare a apei pentru centralele electrice, nr. 2, p. 64—74.

5. *Neuberger, G.* Unele aspecte ale regimului chimic al apei în centralele termoelectrice, nr. 2, p. 74—77.

6. *Stanisavlievici, L.* Echilibrarea etajelor din schemele de demineralizare a apei, nr. 2, p. 77—81.

7. *Condurache, E.* Variația reținerii acidului carbonic de către schimbătorii anionici mediu bazici (polifuncționali), nr. 2, p. 81—84.

8. *Fendrihan, L.* Experiența folosirii hidrazinei în exploatare, nr. 2, p. 84—88.

9. *Groza, O.* și *Mihăileanu, C.* Lucrările celei de-a 6-a sesiuni plenare a Conferinței Mondiale a Energiei, nr. 5, p. 193—224.

10. *Pănoiu, N.* și *Carabogdan,* I. Aspecte de la cel de-al 6-lea colocviu al organizației științifice „Brennstofftechnische Gesellschaft in der D.D.R.", ținut la Dresda (7—9 nov. 1962), nr. 5, p. 229—233.

11. *Cserveny, I.* Unele considerații la alegerea turbinelor pentru destinderea gazelor transportate prin conducte, nr. 6, p. 247—252.

12. A III-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a Institutului de studii și proiectări energetice — martie 1963, nr. 7, p. 289—291.

13. *Staicu, C. I.* Relații noi în studiul pulverizării fluidelor, nr. 7, p. 292—295.

14. *Furtunescu, H.* Stadiul termoficării în R.P.R. față de nivelul tehnicii mondiale, nr. 7, p. 296—301.

15. *Nedelcu, O.* Calculul unor suporți pentru instalații energetice, nr. 7, p. 338—344.

16. Prima sesiune tennico-științifică a Întreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (IRME) — mai 1963, nr. 7, p. 351—352.

17. *Iliescu, T.* și *Schlotter, Fr.* Unele aspecte privind supraîncărcarea turbinelor cu abur, nr. 7, p. 389—393.

18. *Iliescu, T.* și *Popescu, R.* Cercetări în problema funcționării turbinelor de condensație în regim de vid înrăutățit, nr. 7, p. 393—400.

19. *Cîrdu, M.* Turbine cu abur în centrale atomoelectrice, nr. 9, p. 461—468.

20. *Furtunescu, H.* Scheme raționale de preparare a apei calde menajere pentru consumatorii racordați la rețele de termoficare bitubulare închise, nr. 9, p. 468—476.

21. *Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G.* și *Crăciuneanu, C.* Stadiul actual și perspectivele cazanelor de abur echipate cu focare-ciclon cu evacuare lichidă a zgurei, nr. 10, p. 497—503.

22. *Antonescu, N.* Unele aspecte privind calculul și îmbunătățirea funcționării focarelor tubulare, nr. 10, p. 504—509.

23. *Iftime, P.* Unele aspecte teoretice și practice în funcționarea lagărelor cu alunecare, radiale și axiale, ale turbinelor cu abur, nr. 10, p. 510—519.

24. *Dragomir, R.* Cu privire la fenomenele de luat în considerare la exploatarea agregatelor energetice cu temperaturi de lucru ridicate, nr. 11, p. 554—557.

25. *Schlotter, Fr.* Posibilități de îmbunătățire a randamentului la unele tipuri de turbine cu abur, nr. 11, p. 558—561.

26. *Boboescu, N.* Determinarea caracteristicilor de lucru ale unor ventile de reglare monoscaun cu difuzor pentru turbine cu abur, nr. 11, p. 561-567.

27. *Colt, Gh., Ghica, M.,* și *Voinea, M.* Corectarea cotei de consum de căldură pentru apa caldă menajeră și igienico-sanitară în regim de termoficare urbană, nr. 11, p. 577—579.

28. *Iftime, P., Roșca, P.* și *Răileanu, V.* Dispozitive de protecție pentru evitarea deplasărilor axiale periculoase la turbinele cu abur, nr. 12, p. 593—600.

29. *Staicu, C. I.* Diametrul armăturii de golire a conductelor de apă, nr. 12, p. 628—630.

V. Electroenergetică

1. *Moraite, G.* Măsuri de îmbunătățire a protecției prin relee, rezultate din analiza regimurilor dinamice provocate de avarii caracteristice , nr. 1, p. 20—30.

2. *Pomîrleanu, J.* și *Cigusievici, M.* Probe de scurtcircuit în rețeaua de înaltă tensiune, nr. 1, p. 30—37.

3. *Constantinescu, E.* și *Groza, L.* Lucrările celei de-a 19-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE), nr. 3, p. 95—101.

4. Probleme discutate în grupele de lucru în cadrul celei de-a 19-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE), nr. 3, p. 102—112.

5. Probleme discutate în comitetele de studii în cadrul celei de-a 19-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRE), nr. 3, p. 113—116.

6. *Dimo, P., Groza, L.* şi *Moraite, G.* Optimizarea condiţiilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei reţele, nr. 3, p. 117—129.

7. *Constantinescu, E., Militaru, P., Groza, L., Grof, F.* şi *Novak, I.* Interconectarea la 400 kV între reţeaua romînească şi cea cehoslovacă, nr. 3, p. 138—139.

8. *Gheorghiu, N.* Realizări şi sarcini în tehnica iluminatului, nr. 4, p. 141.

9. *Militaru, P.* Consideraţii asupra determinării fluxului luminos al corpurilor de iluminat prin metode grafice şi cu ajutorul dispozitivelor mecanice, nr. 4, p. 142—150.

10. *Ionescu, E.* şi *Matei, D.* Lampa cu descărcări în gaze, cu trei electrozi, alimentată dintr-o reţea monofazată, nr. 4, p. 150—158.

11. *Vîlciu, Cr.* Probleme actuale ale iluminatului exterior în ţara noastră, nr. 4, p. 159—168.

12. *Friedman,W.* Telesemnalizarea funcţionării instalaţiilor pentru iluminat străzile în oraşul Bucureşti, nr. 4, p. 169—174.

13. *Rosenberg, N.* Metoda reflexiilor multiple pentru calculul nivelelor de iluminări şi al strălucirilor, nr. 4, p. 174—178.

14. *Oprea, A.* Iluminatul decorativ urban, nr. 4, p. 179—190.

15. *Groza, O.* şi *Mihăileanu, C.* Lucrările celei de-a 6-a sesiuni plenare a Conferinţei Mondiale a Energiei, nr. 5, p. 193—224.

16. *Manea, F.* şi *Ionescu, S.* Considerarea autotransformatoarelor în calculul pierderilor de putere din reţelele sistemelor electroenergetice, nr. 6, p. 253—255.

17. *Lazăr, H.* şi *Buhuş, P.* Metodă de calcul pentru determinarea deplasării neutrului în reţelele prevăzute cu bobină de stingere, nr. 6, p. 255—261.

18. *Sufrim, M.* Consideraţii asupra eficacităţii protecţiei prin legarea la pămînt şi a protecţiei prin legarea la nul în instalaţiile electrice cu tensiunea de lucru pînă la 1 000 V, nr. 6, p. 261—271.

19. A III-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice — martie 1963, nr. 7, p. 289—291.

20. *Manolescu, G.* Utilizarea calculatoarelor electronice la studiul sistemelor energetice, nr. 7, p. 301—303.

21. *Bogan, M., Iancovici, P.* şi *Ungureanu, B.* Rezultatele obţinute cu calculatoarele numerice CIFA la studiul stabilităţii dinamice în sistemul energetic al R.P.R., nr. 7, p. 304—308.

22. *Groza, L.* Adoptarea unor metode analitice de determinare a parametrilor reţelelor necesari în reglajul frecvenţă-putere, nr. 7, p. 308—317.

23. *Constantinescu, E.* şi *Nunweiler, S.* Stabilirea coeficienţilor optimi de siguranţă pentru liniile electrice aeriene, nr. 7, p. 317—319.

24. *Mark, D.* Unele aspecte ale protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor de foarte înaltă tensiune, nr.7 p. 320—324.

25. *Borza, N.* şi *Bolki, E.* Suporţi de tip portal ancorat din beton centrifugat precomprimat realizaţi la o linie de 400 kV din R.P.R., nr. 7, p. 325—330.

26. *Negreanu, C.* şi *Popa, M.* Soluţii moderne în construirea camerelor de comandă electrice ale centralelor şi staţiilor şi posibilităţi de aplicare în R.P.R., p. 331—337.

27. *Nedelcu, O.* Calculul unor suporţi pentru instalaţii energetice, nr. 7, p. 338—344.

28. Prima sesiune tehnico-ştiinţifică a Intreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (IRME) — mai 1963, nr. 7, p. 351—352.

29. *Pomîrleanu, J.* Construcţia analizoarelor de reţea în curent continuu la IRME, nr. 7, p. 359—362.

30. *Davidovici, M., Iancu, Al., Ionescu, Tr.* şi *Weiss, A.* Calculator electronic pentru repartiţia optimă a sarcinilor între centrale, ţinînd seamă de pierderile în reţele, nr. 7, p. 363—366.

31. *Săndulescu Lidia.* Elemente necesare analizei avariilor produse de supratensiunile atmosferice în instalaţiile de medie tensiune, nr. 7, p. 366—373.

32. *Ionescu, Al., Popa,, B.* şi *Tendler, M.* Încercari în sistem pentru determinarea comportării întreruptorului IUP 110 la declanşarea liniilor în gol şi la ruperea curenţilor de scurtcircuit, nr. 7, p. 373—385.

33. *Varadi, Gh.* şi *Radian, V.* Sistem de telesemnalizare automată prin telefon (instalaţia ,,Telemag''), nr. 7, p. 385—387.

34. *Vaisman, L.* Regulator automat de tensiune pentru transformatoarele cu reglaj sub sarcină, nr. 7, p. 388—389.

35. *Gheorghiu, N.* Rezultatele de exploatare în R.P.R. a reţelelor doi conductori-pămînt (DCP) după opt ani de funcţionare şi perspectiva dezvoltării lor, nr. 8, 401—416.

36. *Groza, L.* Formule practice pentru calcule de reţele electrice cu referire specială la variaţiile de tensiune, nr. 8, p. 416—421.

37. *Adămuţ, I.* şi *Popa, B.* Eficacitatea tehnico-economică a mijloacelor de protecţie a liniilor de 110 kV contra supratensiunilor atmosferice, nr. 8, p. 421—427.

38. *Pasere, E.* Protecţia contra incendiului a generatoarelor electrice, nr. 8, p. 428—432.

39. *Măcriş, A.* Alegerea mecanismelor principale necesare mecanizării montajului de centrale termoelectrice, nr. 8, p. 432—439.

40. *Dimo, P., Moraite, G.* şi *Hückert, S.* Calculul exact al curenţilor de scurtcircuit cu determinarea simultană a schemelor REI, imaginilor nodale şi admitanţelor de transfer, nr. 9, p. 476—481.

41. *Cantaragiu, G. V.* Aplicarea criteriilor practice $\frac{dP}{d\delta}$ şi $\frac{dP}{dU}$ în studiul stabilităţii statice a unui generator sincron, nr. 9, p. 482—492.

42. *Manea, F., Ionescu, S.* şi *Nicolae, P.* Influenţa unor parametri şi regimuri ale sistemului energetic asupra proceselor tranzitorii de reglaj frecvenţă-putere, nr. 10, p. 519—524.

43. *Guţu, C., Petcu, M.* şi *Soci, A.* Calculul efectelor economice ale întreruperilor electrice accidentale, nr. 10, p. 525—531.

44. *Popescu, St.* Realizarea unui releu direcţional de tip electromagnetic prin modificarea unui releu de tensiune de fabricaţie curentă în R.P.R., nr. 10, p. 531—539.

45. *Moraite, G.* Probleme privind reglajul şi selectivitatea protecţiei de distanţă a liniilor cu derivaţii, nr. 11, p. 568—577.

46. *Segall, H.* Celule pentru măsurarea pierderilor dielectrice ale uleiurilor de transformator, nr. 11, p. 579—584.

47. *Ionaşcu, Gh.* Tratarea neutrului sistemelor 35 kV Comăneşti şi Bicaz, nr. 12, p. 600—617.

48. *Sabău, I.* Uleiurile izolante şi exploatarea transformatoarelor de mare putere, nr. 12, p. 618—621.

49. *Prooroceanu, V.* Contribuţii la îmbunătăţirea montării manşoanelor de legătură şi derivaţie pentru cablurile de forţă de 1—15 kV cu conductori de aluminiu, nr. 12, p. 634—638.

50. *Sufrim Eugenia.* Din activitatea Laboratorului de iluminat industrial al Institutului de igienă şi protecţia muncii, nr. 12, p. 638—641.

VI. Hidroenergetică

1. *Groza, O.* şi *Mihăileanu, C.* Lucrările celei de-a 6-a sesiuni plenare a Conferinţei Mondiale a Energiei, nr. 5, p. p. 193—224.

2. *Mazilu, A.* Calculul economic al canalelor de aducţiune energetice, nr. 7, p. 344—349.

3. *Cogălniceanu, A.* Repartiţia investiţiilor şi cheltuielilor anuale ale amenajărilor complexe între folosinţele beneficiare, nr. 9, p. 449—461.

4. *Opriş, Gh.* Stadiul actual de dezvoltare a agregatelor pentru uzine hidroelectrice de acumulare prin pompaj, nr. 11, p. 545—553.

VII. În ajutorul exploatării

1. *Radu, N.* Măsurarea curenţilor capacitivi de punere la pămînt într-o reţea de 35 kV cu neutrul izolat, nr. 1, p. 38—42.

2. *Prooroceanu, V.* Executarea manşoanelor de înnădire şi a capetelor terminale la cablurile de 110 kV cu circulaţie de ulei, nr. 1, p. 42—47.

3. *Stanisavlievici, L.* Regimul chimic al apei pentru cazane de presiune înaltă cu vaporizarea în trepte, nr. 1, p. 48—49.

4. *Laszlo, R.* şi *Laszlo, T.* Despre unele metode noi de reanimare a electrocutaţilor, nr. 11, p. 585—587.

VIII. Din exploatare

1. *Munteanu, R.* Realizările CTE Paroşeni în legătură cu funcţionarea sigură şi economică, nr. 6, p. 241—246.

2. *Ferencz, A.* Îmbunătăţirea construcţiei lagărelor axiale ale turboagregatelor, nr. 6, p. 271—276.

3. *Milițescu, Gh.* și *Căpățînă, V.* Urmărirea funcționării lagărului axial al turbinelor nr. 6, p. 276—278.

4. *Nicu, Vl.* Spălarea de săruri a unei turbine cu abur, nr. 6, p. 278—280.

5. *Bărbulescu, I.* Despre depunerile de săruri pe paletajul turbinelor. Spălarea sărurilor insolubile, nr. 8, p. 440—443.

6. *Popa, T.* Metodă simplificată pentru valorificarea consumului specific normat al centralelor de termoficare, nr. 8, p. 443—444.

7. *Nicu, Vl.* Determinare debitelor de aer aspirate de ejectorul de vid din condensatorul turbinelor cu abur în funcțiune, nr. 10, p. 539—541.

8. *Dobrinescu, D.* și *Apolzan, S.* Proiectarea tehnologică a răcitoarelor și condensatoarelor cu aer pentru industria petrolieră, nr. 12, p. 621—628.

9. *Săndulescu, I.* Dispozitiv pentru colectarea automată a probelor elementare de cărbune, nr. 12, p. 630—634.

10. *Prooroceanu, V.* Contribuții la îmbunătățirea montării manșoanelor de legătură și derivație pentru cablurile de forță de 1—15 kV cu conductori de aluminiu, nr. 12, p. 634—638.

IX. Pentru tînărul inginer

1. *Corlățeanu, V.* și *Murgu, Z.* Utilizarea generatorului asincron în microcentrale, nr. 9. p. 492—495.

X. Energetica peste hotare

1. *Pănoiu,* N. și *Carabogdan, I.* Aspecte de la cel de-al 6-lea colocviu al organizației științifice „Brennstoff technische Gesellschaft în der D.D.R.", ținut la Dresda (7—9 nov. 1962), nr. 5, p. 229—233.

2. *Rothman, A,* Stadiul actual și dezvoltarea sistemului energetic englez, nr. 5, p. 233—238.

3. *Carabulea, A.* Dezvoltarea energeticii în R.D. Vietnam, nr. 6, p. 280—283.

4. *Dinulescu, C.* Comportarea agregatelor energetice în regim tranzitoriu de sarcină, nr. 11, p. 588—589.

Index alfabetic

Adămuț, I., II, 6.
Antonescu, N., IV, 22.
Apolzan, S., VIII, 8.

Bălan, Gh., II, 5.
Bărbulescu, I., VIII, 5.
Bernfeld, D., III, 3.
Boboescu, N., IV, 26.
Bogan, N., V, 21.
Bolki, E., V. 25.
Borza, N., V. 25.
Buhuș, P., V, 17.

Cantaragiu, G. V., V, 41.
Carabogdan, I., IV, 10, 21.
Carabulea, A., X, 3.
Căpățînă, V., VIII, 3.
Cigusievici, M., V, 2.
Cîrdu, M., III, 5.
Cogălniceanu, A., II, 8.
Colț, Gh. IV, 27.
Condurache, E., IV, 7.
Constantinescu, E., I, 3; V, 7, 23.
Corlățeanu, V., IX, 1.
Crăciuneanu, C., IV, 21.
Cserveny, I., IV, 11.

Davidovici, M., V, 30.
Dimo, P., V, 6, 40.
Dinulescu, C., X, 4.
Dobrinescu, D., VIII, 8.
Dragomir, R., IV, 24.

Fendrihan, L., IV, 8.
Ferencz, A., VIII, 2.
Fodor, C., IV, 4.
Friedman, W., V, 12.
Furtunescu, H., IV, 14, 20.

Georgescu, A., I, 2.
Gheorghiu, N., I, 4; V, 35.
Ghica, M., IV, 27.

Grof, F., V, 7.
Groza, L., I, 3; V, 6, 7, 22, 36.
Groza, O. I, 5.
Guțu, C., II, 9.

Hückert, S., V, 40.

Iancovici, P., V, 21.
Iancu, Al., V, 30.
Iftime, P., IV, 1, 23, 28.
Iliescu, T., IV, 17, 18.
Ionașcu, Gh., V. 47.
Ionescu, Al., V, 32.
Ionescu, E., V, 10.
Ionescu, S., V, 16, 42.
Ionescu, Tr., V, 30.

Laszlo, R., VII, 4.
Laszlo, T., VII, 4.
Lazăr, H., V, 17.

Manea, F., V, 16, 42.
Manolescu, G., V, 20.
Mark, D., V, 24.
Matei, D., V, 10.
Mazilu, A., VI, 2.
Măcriș, A., II, 7.
Mihăileanu, C., I, 5.
Militaru, P., V, 7, 9.
Milițescu, Gh., VIII, 3.
Moraite, G., V, 1, 6, 40, 45.
Munteanu, R., II, 2.
Murgu, Z., IX, 1.

Nedelcu, O., IV, 15.
Negreanu, C., V, 26.
Negulescu, L., IV, 3.
Neuberger, G., IV, 5.
Nicolae, P., *V*, 42.
Nicu, Vl. VIII, 4, 7.
Novak, I., V, 7.
Nunweiler, S., V, 23.

Oprea, A ., V, 14.
Opriș, Gh., VI, 4.

Pasere, E., V, 38.
Pănoiu, N., IV, 10, 21.
Petrcu, M., II, 9.
Pomîrleanu, J., V, 2, 29.
Popa, B., II, 6; V, 32.
Popa, M., V, 26.
Popa, T., VIII, 6.
Popescu, R., IV, 18.
Popescu, St. , V, 44.
Prooroceanu, V., V, 49, VII, 2.

Radian, V., V, 33.
Radu, N., VII, 1.
Răileanu, V., IV, 28.
Rosenberg, N., V, 13.
Roșca, P., IV, 28.
Rothman, A., III, 4.

Sabău, I., V, 47.
Săndulescu, I., VIII, 10.
Săndulescu, L., V, 31.
Schlotter, Fr., IV, 17, 25.
Segall, H., V, 46.
Singer, G., IV, 21.
Soci, A., II, 91.
Staicu, C. I., IV, 13, 29.
Stanisavlievici, L., IV, 2, 6; VII, 3.
Stăncescu, I. D., I, 1.
Sufrim, E., V, 50.
Sufrim, M., V, 18.

Tendler, M., V, 32.

Ungureanu, B., *V*, 21.

Varadi, Gh, V, 33.
Vaisman, L., V, 34.
Vîlciu, Cr., V, 11.

Weiss, A., V, 30.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT
1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.165.002.4

Iftime, P., *Roşca, P.* и *Răileanu, V.*: **Защитные приспособления для предупреждения опасных осевых смещений в паровых турбинах.**

После того, как отмечается особое значение осевого подшипника для предупреждения аварий паровых турбпн, автор описывает конструктивные средства модернизации и различные системы защиты, применяемые в СССР, ЧСР и РНР.

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 593–600

ДК 621.316.1 : 621.3.014.7

Ionaşcu, Gh.: **Нейталь 35 кв сетей Комэнешть и Биказ.**

После того, как приводятся расчётные значения емкостных влияний заземления и сверхнапряжений вызываемых самовозбуждением генераторов во время заземления одной из фаз, приводятся критерии положенные в основу выбора места монтажа, количества и характеристики дугогасительных заземлительных катушек в сетях овоих систем, причем в этом разрезе делается критический обзор положения существующего в области монтажа дугогасительных катушек. Указываются результаты измерений обеих систем методом приложения постороннего напряжения на нейтрали, причем для 35 кв системы Биказ пересматривается выбор дугогасительной катушки на основании значения силового вмкостного тоха, измеренного на земле.

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 600–617

ДК 621.315.615.2.004

Sabău I.: **Изолирующие масла и эксплуатация высокомощных трансформаторов.**

На основании специальных литературных данных и собственных исследований автора, указываются точные и быстрые аналитические методы анализа изолирующих масел, позволяющие установить взаимозависимость между химическим составом и устойчивостью этих масел в эксплуатации.

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 618–621

ДК 621.565.923 : 665.5.001

Dobrinescu, D. и *Apolzan, S.*: **Технологическое проектирование воздушных холодильников и конденсаторов для нефтяной промышленности.**

После описания основных конструкций воздушных холодильников и конденсаторов применяемых в нефтяной промышленности, дается систематическое издолжение способа их технологического проектирования. Для тепловых и аеродинамических расчётов рекомендуются наилучшие уравнения, существующие ныне в специальной литературе.

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 621–628

ДК 627.86.001

Staicu, C.I.: **Диаметр водопроводной опорожнительной аппаратуры.**

Дается математическое уравнение, установленное с номощью обшего расчётного анализа, применение которого рекомендуется вместо эмпирической формулы, известной из специальной литературы.

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 628–630

ДК 621.311.22 : 662.64/66

Săndulescu, I.: **Приспособление для автоматического сбора элементарных образцов угля.**

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 630–634

ДК 621.315.28.002.72

Prooroceanu, V.: **К вопросу усовершенствовапия монтажа соединительных и тройниковых муфт для силовых кабелей 1—15 кв с аллюминиевыми жилами.**

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 634–638

ДК 628.972 : 69 : 621.317.2

Sufrim Eugenia: **Из деятельности лаборатории по исследованию промышленного освещения при Институте гигиены и охраны труда.**

Energetica 11 (1963), № 12, стр. 638–641

РЕЦЕНЗИИ ● ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.165.002.4

Iftime, P., *Roşca, P.* und *Răileanu, V.*: **Schutzvorrichtungen für Vermeidung gefährlicher Axialer Verschiebungen bei Dampfturbinen.**

Nach Darstellung der besonderen Bedeutung der Axiallager bei Vorbeugung von Dampfturbinenschäden, erörtert der Verfasser konstruktive Modernisierungsverfahren und in der UdSSR, der Tschechoslovakei und in Rumänien angewendete Schutzvorrichtungssystheme.

Energetica 11 (1963), H. 12, S. 593–600

DK 621.316.1 : 621.3.014.7

Ionaşcu, Gh.: **Nullpunktbehandlung in den 35 kV-Netzen Comăneşti und Bicaz.**

Auf Grund berechneter Werte des Einflusses kapazitiver Erdschluss-Ströme und durch Selbsterregung der Generatoren während Erdung einer Phase entstehender Überspannungen werden die Merkmale für Wahl der Montageorte, Anzahl und Art der Löschspulen des Erdschlussbogens in den 35 kV-Netzen Comăneşti und Bicaz unterscucht. Die mit Hilfe einer fremden Spannung im Nullpunkt in den zwei Netzen gemessenen kapazitiven Erdschluss-Ströme führen im 35 kV-Netz Bicaz zu neuen Folgerungen über die Wahl der Löschspulen.

Energetica 11 (1963), H. 12, S. 600–617

DK 621.315.615.2.004

Sabău, I.: **Isolierende Öle und Betrieb von Umspannern grosser Leistung.**

Auf Grund von aus Fachschrifttum und aus eigenen Arbeiten stammenden Angaben, gibt der Verfasser genaue und schnelle Analyseverfahren für Bestimmung des gegenseitigen Verhältnisses zwischen chemischer Zusammensetzung und Stabilität im Betrieb von isolierenden Ölen.

Energetica 11 (1963), H. 12, S. 618–621

DK 621.565.923 : 665.5.001

Dobrinescu, D. und *Apolzan, S.*: **Konstruktionsentwurf von Kühlern und Luftkondensatoren für die Erdölindustrie.**

Nach Aufzählung der wichtigsten in den Erdölindustrie verwendeten Kühlern und Luftkondensatoren, wird ein technologisches Entwurfsverfahren dargestellt. Für thermische und aerodynamische Berechnungen werden die besten im Fachschrifttum vorhandenen Formeln angegeben. Verfahren und Formeln wurden vom Verfasser bei Ausführung mehrerer Luftkühler und -kondensatoren nachgeprüft.

Energetica 11 (1963), H. 12, S. 621–628

DK 627.86.001

Staicu, C. I.: **Durchmesser von Entlehrarmaturen bei Wasserleitungen.**

Darlegung einer homogenen, durch allgemeine Analyse festgestelten mathematischen Beziehung, welche an Stelle der aus dem Fachschrifttum bekannten empirischen Formel gebraucht werden kann.

Energetica 11 (1963) H. 12, S. 628–630

AUS DEM BETRIEB

DK 621.311.22 : 662.64/66

Săndulescu, I.: **Vorrichtung für automatische Enthahme von Kohleproben.**

Energetica 11 (1963), H. 12, S. 630–634

DK 621.315.28.002.72

Prooroceanu, V.: **Beitrag zur Verbesserung der Montage von Verbindungs- und Abzweigmuffen für 1–15 kV Leistungkabel mit Aluminiumleitern.**

Energetica 11 (1963), H. 12, S. 634–638

DK 628. 972 : 66/69 : 621.317.2

Sufrim Eugenia: **Aus der Tätigkeit des Labors für industrielle Beleuchtung des Instituts für Hygiene und Arbeitsschutz.**

Energetica 11 (1963), H. 12, S. 638–641

BUCHBESPRECHUNGEN ● DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.165.002.4

Iftime, P., Roşca, P. et *Răileanu, V.* : **Dispositifs de protection pour éviter les poussées axiales dangereuses dans les turbines à vapeur.**

Après avoir montré l'importance du palier axial pour éviter les dérangements des turbines à vapeur, l'auteur indique des méthodes constructives de modernisation et présente les systèmes de protection utilisés en URSS, en Tschécoslovaquie et en Roumanie.

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 593–600

CD 621.316.1 : 621.3.014.7

Ionaşcu. Gh. : **Traitement du neutre dans les systèmes de 35 kV Comăneşti et Bicaz.**

L'article commence par donner les valeurs calculées de l'influence des courants capacitifs de mise à la terre et des surtensions dûes à l'autoexcitation des générateurs pendant la mise à la terre de l'une des phases. En continuation on indique les critères d'après lesquels on a choisi les emplacements de montage, ainsi que le nombre et les caractéristiques des bobines d'extinction de l'arc de mise à la terre dans les réseaux des deux systèmes. Les résultats des mesures dans les deux systèmes, effectuées à l'aide de la méthode de l'application d'une tension étrangère sur le neutre ont déterminé de choisir dans le système de 35 kV Bicaz la bobine d'extinction d'après la valeur du courant capacitif de mise à la terre mesuré.

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 600–617

CD 621.315.615.2.004

Sabău, I. : **Les huiles isolantes et l'exploitation des transformateurs de grande puissance.**

A base des indications de la littérature de spécialité et de ses propres travaux, l'auteur expose les méthodes précises et rapides d'analyse des huiles isolantes, méthodes qui permettent d'établir l'interdépendance entre la composition chimique et la stabilité de ces huiles durant le fonctionnement.

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 618–621

CD 621.565.923 : 665.5.001

Dobrinescu, D. et *Apolzan, S.* : **La technologie des projets pour réfrigérents et condenseurs à l'air dans l'industrie pètrolière.**

L'auteur présente les principaux types de réfrigérents et condenseurs à l'air utilisés dans l'industrie pétrolière et expose la méthode technologique pour établir ces projets. En ce qui concerne les calculs techniques et aérodynamiques, les auteurs recommandent des relations existant actuellement dans la littérature technique.

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 621–628

CD 627.86.001

Staicu, C. I. : **Le diamètre de l'armature d'évacuation des conduites d'eau.**

L'article présente une relation mathématique, omogène, établie à l'aide de l'analyse dimensionelle générale, qui peut être utilisée à la place de la formule empirique connue dans la littérature technique de spécialité.

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 628–630

DE L'EXPLOITATION

CD 621.311.22 : 662.64/66

Săndulescu, I. : **Dispositif pour le prélèvement automatique des échantillons élémentaires de charbon.**

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 630–634

CD 621.315.28.002.72

Prooroceanu, V. : **Contributions à l'amélioration du montage des manchons de raccordement et de dérivation des câbles pour transport de force de 1–15 kV à conducteurs en aluminium.**

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 634–638

CD 628.972 : 66/69 : 621.317.2

Sufrim Eugenia : **Quelques aspects de l'activité du Laboratoire d'éclairage industriel de l'Institut d'Hygiène et de Protection du Travail.**

Energetica 11 (1963), no. 12, p. 638–641

COMPTES-RENDUS ● DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.165.002.4

Iftime, P., Roşca, P. and *Răileanu, V.* : **Protection devices against dangerous axial move in steam turbines.**

After showing the particular importance of the axial bearing for avoiding the failure of steam turbines, the author presents methods for modernizing their construction, as well as various protection systems used in the URRS, Czechoslovakia and Rumania.

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 593–600

DC 621.316.1 : 621.3.014.7

Ionaşcu, Gh. : **Treatment of the neutral in the 35 kV systems Comăneşti and Bicaz.**

The author gives the values calculated for the influence of capacitive earth-fault currents and over-voltages due to generator self-excitation during the earth-fault of one phase. Basic criteria for the selection of installation points are also included, as well as the number and the characteristics of earth-fault arc extinction coils in both networks. The results of the measures made in both networks by applying a new voltage to the neutral have determined for the 35 kV system Bicaz the selection of the extinction coil based on the measured capacitive earth-fault current.

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 600–617

DC 621.315.615.2.004

Sabău, I. : **Insulating oils and operation of high power transformers.**

Taking into account the technical literature and his own works, the author presents accurate and rapid methods for the analysis of insulating oils. These methods allow to establish the dependence between the chemical composition and the stability of these oils during operation.

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 618–621

CD 621.565.923 : 665.5.001

Dobrinescu, D. and *Apolzan, S.* : **Technological design of coolers and air condensers in the oil industry.**

After presenting the main types of coolers and air condensers used in the oil industry, a systematic method of technological design is shown. The authors insist upon the most adequate relations for thermal and aerodynamical calculations existing at present in the technical literature. The method and the relations recommended were verified by them when designing some coolers and air condensers.

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 621–628

CD 627.86.001

Staicu, C. I. : **Diameter of the discharge armature of water pipes.**

The author presents a homogenous, mathematic relation established on the basis of general dimensional analysis, which may be used instead of the empirical formula well known in the technical literature.

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 628–630

FROM THE EXPLOITATION

CD 621.311.22: 662.64/66

Săndulescu, I. : **Device for automatic collecting of elementary coal samples.**

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 630–634

DC 621.315.28.002.72

Prooroceanu, V. : **Improved assembling of connexion and derivation sleeves for power cables 1–15 kV, with aluminium conductors.**

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 634–638

DC 628.972 : 66/69 : 621.317.2

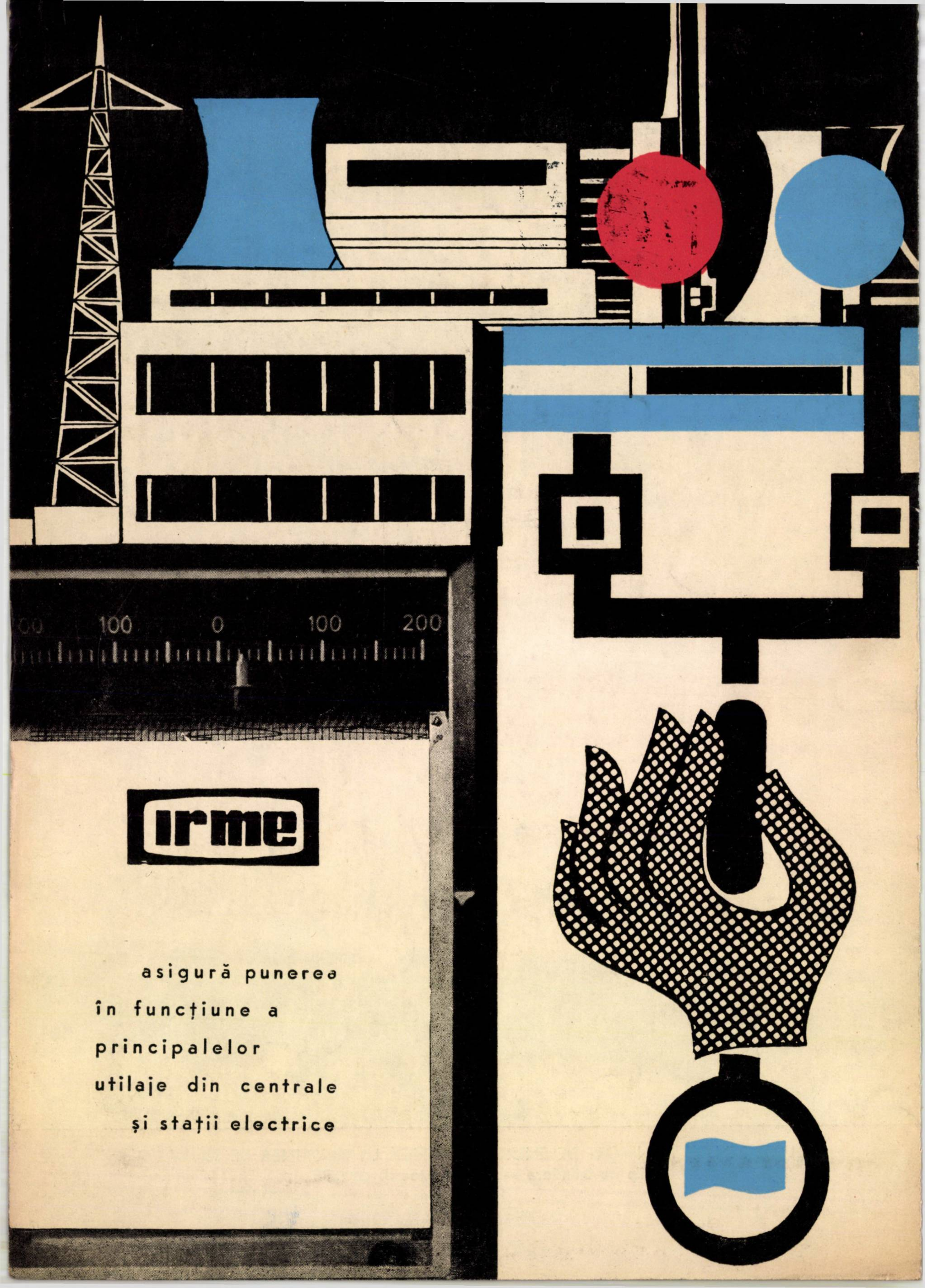
Sufrim Eugenia : **Some aspects from the activity of the Industrial Illuminating Laboratory of the Institute for Labour Hygiene and Protection.**

Energetica 11 (1963), No. 12, p. 638–641

REVIEWS ● DOCUMENTATION

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

LINIE PENTRU TRANSPORT DE ENERGIE ELECTRICĂ LA TENSIUNEA DE 220 kV
Stîlp de întindere. — Proiect întocmit de ISPE


00 100 0 100 200
irme
asigură punerea
în funcțiune a
principalelor
utilaje din centrale
și stații electrice